

# **Melhoria da Eficiência Energética das Piscinas Municipais da Sertã**

Trabalho de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em  
Instalações e Equipamentos em Edifícios

**Autor**

**Paulo Mariano dos Santos**

**Orientadora**

**Dulce Helena de Carvalho Coelho**

**Supervisor na Câmara Municipal da Sertã**

**César Luís Carvalho**

**Instituição**

**IPC-Instituto Politécnico de Coimbra**

**Coimbra, dezembro, 2013**



*Dedicatória*

*Dedico este trabalho, ao meu afilhado esperando que um dia seja ele a escrever alguma coisa deste tipo, à minha sobrinha, irmã, pais e em especial ao meu cunhado Carlos Dias que infelizmente já não esta entre nós mas, seja onde for que estejas dedico-te este trabalho para lembrar e agradecer o teu apoio, camaradagem e força, que sempre me foste dando ao longo destes curtos mas preciosos anos, ATÉ SEMPRE.*



## **AGRADECIMENTOS**

A todos quantos contribuíram, para a realização deste trabalho, desde amigos, família, Pai, Mãe, Mana, Sobrinhos, colegas de trabalho, Eng.<sup>a</sup> Ana Maria, Arquiteta Ana Delgado, Eng.º Armando Ribeiro, que muitas vezes tiveram de aturar as minhas más disposições e, em especial os meus orientadores, Professora Dulce Coelho e Eng.º, César Carvalho que, com paciência e mestria me foram indicando o rumo a seguir, para que o resultado seja o trabalho agora apresentado. Aqui ficam os meus sinceros agradecimentos.



## RESUMO

As piscinas tornaram-se populares em instalações de lazer municipais e hoje em dia é possível encontrar piscinas públicas em quase todas as cidades nos países desenvolvidos, o que proporciona às pessoas a prática da natação por questões de saúde, de lazer ou para competição. Apesar de as piscinas interiores serem instalações onde se verifica um grande consumo de energia (é necessária uma grande quantidade de energia para garantir os níveis de temperatura e humidade ambiente, para aquecimento da água da piscina e para iluminação), existem várias medidas de eficiência energética que podem ser implementadas para reduzir o consumo de energia sem comprometer o conforto dos seus utilizadores.

Este relatório tem como principal objetivo a descrição do trabalho realizado durante o estágio curricular que decorreu na Câmara Municipal da Sertã, focado na melhoria da eficiência energética das Piscinas Municipais. A Câmara Municipal da Sertã está fortemente empenhada na melhoria da eficiência energética das instalações municipais, tendo já elaborado o seu Plano de Ação para a Energia Sustentável (PAES), no âmbito do Pacto de Autarcas. O município está ainda envolvido noutros projetos europeus de eficiência energética e energias renováveis, como o eReNeT (Rural Energy Web Learning Network for Action) e RETS (Renewable Energies Transfer System).

O sistema de iluminação da Piscina Municipal da Sertã é atualmente assegurado por lâmpadas fluorescentes tubulares, lâmpadas de iodetos metálicos e lâmpadas fluorescentes compactas. Apesar da enorme capacidade instalada no sistema de iluminação, os níveis mínimos de iluminação não estão assegurados, particularmente na área dos tanques. O principal objetivo do nosso estudo foi a análise de diferentes projetos de iluminação tendo em conta as características da piscina e as características elétricas e fotométricas das luminárias, garantindo a sua longevidade, bem como os níveis corretos de iluminação e de brilho ambientes. As simulações foram realizadas com o software Dialux.

**Palavras chave:** Eficiência Energética, Iluminação Eficiente, Piscinas Municipais.

## ABSTRACT

Swimming pools have become popular in municipal recreation facilities and nowadays it is possible to find public swimming pools in almost every city in developed countries, which makes it easy for people to swim for health, pleasure or competition. Although indoor swimming pools are big energy consumers (a lot of energy is needed to control the indoor temperature, relative humidity and pool water temperature and for lighting), there are several energy efficient measures that can be implemented to reduce energy consumption without compromising staff and customer comfort.

This report aims at presenting the description of the work developed during the traineeship at the Municipality of Sertã focused on the improvement of the energy efficiency of the Municipal Swimming Pool. The Municipality of Sertã is strongly committed to increasing energy efficiency of municipal facilities having already prepared this Sustainable Energy Action Plan (SEAP) in the framework of the Covenant of Mayors. The Municipality is still involved in other European projects of energy efficiency and renewable energy, such as eReNeT ("Rural Energy Web Learning Network for Action") and RETS ("Renewable Energies Transfer System").

The Municipal Swimming Pool of Sertã currently has a combination of linear fluorescent, metal halide and compact fluorescent lighting. Despite the enormous installed capacity in the lighting system the correct light levels are not ensured, particularly in the area of the tanks. The main purpose of our study was to develop and analyse different lighting projects taking into account the pool's characteristics and both electrical and photometric characteristics of the luminaires, ensuring its longevity as well as correct light levels and low glare in the environment. The simulation studies have been conducted with the Dialux software.

**Keywords:** Energy Efficiency, Efficient Lighting; Municipal Pools.



## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
ÍNDICE DE TABELAS .....	viii
ABREVIATURAS .....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos propostos .....	2
1.2. Estrutura do relatório .....	3
2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PISCINAS MUNICIPAIS.....	5
2.1. Medidas de Eficiência em Piscinas Interiores .....	5
2.2. Experiências Nacionais.....	7
3. CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E FUNCIONAL DO EDIFÍCIO .....	9
3.1. Estrutura e Fundações .....	9
3.1.1. Soluções Estruturais .....	10
3.1.2. Pavimentos Térreos e Fundações .....	10
3.1.3. Materiais.....	11
3.1.4. Tratamento da Estrutura de Madeira.....	11
3.1.5. Revestimentos de Paredes, Tetos Pavimentos e Exteriores .....	11
3.2. Organização Funcional .....	14
4. CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DO EDIFÍCIO .....	17
4.1. Consumos energéticos anuais .....	17
4.2. Iluminação .....	19
4.3. Grupos Eletrobomba .....	19
4.4. Sistemas de dosagem .....	20
4.5. Sistemas Controladores.....	22
4.6. Unidades de Foto-oxidação por Uv .....	23
4.7. Sistema de climatização e tratamento de ar .....	23
4.7.1. Unidade de tratamento do ar (UTA) .....	23
4.7.2. Ventiladores centrífugos .....	24
4.7.3. Unidade condicionadora tipo ROOF-TOP .....	25
4.8. Sistema de Águas Quentes.....	26
4.8.1. Sistema solar térmico .....	26
4.8.2. Sistema de aquecimento a gás.....	28
4.9. Monitorizações.....	29
4.9.1. Medição dos níveis de iluminância das piscinas .....	29
4.9.2. Diagramas de carga .....	31
4.9.3. Desagregação dos consumos elétricos .....	32

5.	MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	35
5.1.	Iluminação da área das piscinas .....	35
5.1.1.	Estudo luminotécnico 1 .....	35
5.1.2.	Estudo luminotécnico 2 .....	36
5.1.3.	Estudo luminotécnico 3 .....	38
5.2.	Redução do tempo de funcionamento de alguns equipamentos.....	40
6.	RESULTADOS E CONCLUSÕES .....	45
6.1.	Trabalhos Futuros.....	47
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
	ANEXOS .....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1 – Vista do Edifício das Piscinas. ....	9
Figura 4. 1 – Consumo energético anual (2012). ....	17
Figura 4. 2 – Consumos/encargos do gás propano (2012). ....	18
Figura 4. 3 – Consumos/custos de eletricidade (2012). ....	18
Figura 4. 4 – Grupos eletrobomba. ....	20
Figura 4. 5 – Sistemas de dosagem de produtos químicos. ....	21
Figura 4. 6 – Sistemas controladores. ....	22
Figura 4. 7 – Unidades de Foto-oxidação por Ultra violetas. ....	23
Figura 4. 8 – Unidades de Tratamento de Ar (UTA). ....	24
Figura 4. 9 – Ventiladores Centrífugos. ....	25
Figura 4. 10 – Unidade condicionadora. ....	26
Figura 4. 11 – Esquema de distribuição dos painéis. ....	26
Figura 4. 12 – Esquema de distribuição dos painéis. ....	27
Figura 4. 13 – Depósitos AQS e unidade de comando do sistema solar térmico. ....	27
Figura 4. 14 – Caldeiras a gás. ....	28
Figura 4. 15 – Bombas circuladoras e depósitos do sistema de aquecimento a gás. ....	29
Figura 4. 16 – Níveis de iluminância na piscina de aprendizagem. ....	30
Figura 4. 17 – Níveis de iluminância na piscina polivalente. ....	30
Figura 4. 18 – Aspeto da zona das piscinas. ....	31
Figura 4. 19 – Diagrama de carga semanal. ....	32
Figura 4. 20 – Diagrama de carga diário (inverno). ....	32
Figura 4. 21 – Desagregação dos consumos elétricos diários (verão). ....	33
Figura 4. 22 – Desagregação dos consumos elétricos diários (inverno). ....	33
Figura 5. 1 – Distribuição fotométrica do 1º projeto avaliado. ....	35
Figura 5. 2 – Distribuição fotométrica do 2º projeto avaliado. ....	37
Figura 5. 3 – Imagem 3D do 2º projeto avaliado. ....	38
Figura 5. 4 – Distribuição fotométrica do 3º projeto avaliado. ....	38
Figura 5. 5 – VAL para diferentes taxas de atualização. ....	40
Figura 5. 6 – Desagregação dos consumos elétricos diários com cargas desligadas (inverno). .....	41
Figura 5. 7 – Desagregação dos consumos elétricos diários com desvio de consumos (verão). .....	41
Figura 5. 8 – Redução prevista para os custos diários (inverno). ....	42
Figura 5. 9 – Redução prevista para os custos diários (verão). ....	42
Figura 6. 1 – Gráfico da modulação da temperatura da água das piscinas. ....	48

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2. 1 – Medidas de Eficiência Energética em Piscinas Interiores.....	6
Tabela 2. 2 – Eficiência Energética em Piscinas Municipais- Experiências Nacionais. ....	7
Tabela 4. 1 – Número de luminárias instaladas. ....	19
Tabela 4. 2 – Características das Bombas Doseadoras. ....	21
Tabela 5. 1 – Avaliação económica do projeto 1.....	36
Tabela 5. 2 – Avaliação económica do projeto 2.....	37
Tabela 5. 3 – Avaliação económica do projeto 3.....	39
Tabela 6. 1 – Resumo das atividades realizadas. ....	46
Tabela 6. 2 – Resumo da avaliação dos projetos de iluminação.....	47

## ABREVIATURAS

ADENE	Agência para a energia
AQS	Águas quentes sanitárias
CE	Comissão Europeia
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
GEE	Gases de Efeito de Estufa
PAES	Plano de Ação para a Energia Sustentável
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RGEU	Regulamento Geral das Edificações Urbanas
RSECE	Regulamento dos Sistemas energéticos de Climatização em Edifícios
TEP	Tonelada equivalente de petróleo
UE	União Europeia
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
UV	Ultravioleta



## 1. INTRODUÇÃO

O progresso económico e social verificado nas últimas décadas em Portugal foi acompanhado de um aumento do consumo de energia. Este aumento é bem visível nos centros urbanos e em particular na área de edifícios, tornando este sector responsável por uma parte significativa dos consumos de energia primária e pelo aumento da concentração dos gases de efeito de estufa (GEE) na atmosfera. De acordo com os dados dos últimos balanços energéticos da Direção Geral de Energia e Geologia, o sector dos edifícios é responsável por quase 30% do consumo de energia final (que corresponde a cerca de um terço da total) e de 62% de eletricidade.

Os Municípios detêm um papel preponderante nas políticas energéticas e ambientais, não só porque são responsáveis pela manutenção e gestão de um vasto leque de edifícios públicos, assumindo o papel de consumidor de energia, mas também devido ao contacto próximo que têm com a comunidade, funcionando como instrumento de sensibilização, e assumindo o seu papel de entidade fiscalizadora e reguladora.

As Piscinas Municipais são espaços que promovem o lazer e o desporto entre os munícipes e que têm inerentes elevados custos de manutenção quer no aquecimento quer no tratamento da água, fundamental para garantir os níveis de qualidade exigidos. A utilização, habitualmente, de combustíveis de origem fóssil (e.g. gás propano) para o aquecimento de águas e/ou de ambiente, faz com que a maior fatia da despesa nestas instalações resida na fatura energética.

Existem exemplos de conceção e implementação de medidas de eficiência energética em complexos de Piscinas Municipais que aliam a funcionalidade e acessibilidade, à eficiência energética, através da instalação de equipamentos que assegurem uma maior rentabilidade energética, garantindo ao mesmo tempo uma melhoria na qualidade proporcionada aos utentes.

A utilização da luz natural é, sob todos os aspetos, o ponto de partida para se obter um sistema de iluminação energeticamente eficiente. Esta é a tendência mundial cada vez mais adotada nos modernos sistemas de iluminação, que encontra em Portugal razões ainda mais fortes para ser amplamente utilizada em função de nossas características climáticas bastante favoráveis. Os problemas mais comuns para o correto aproveitamento da luz natural são:

-Num edifício é necessário considerar tanto a iluminação natural como a artificial. A correta integração entre os dois sistemas pode solucionar o problema da variação da intensidade da luz e contribuir para a redução do consumo de energia.

Em muitos casos vemos que a contribuição da luz natural torna-se exagerada, ocasionando aumento da carga térmica do ambiente, facto que permite o desligar da luz artificial, mas aumenta a participação dos sistemas de climatização artificial;

-A iluminação dos edifícios modernos visa atender a um grande número de pessoas realizando várias atividades com exigências diferentes quanto ao nível de iluminância. Para melhor utilizar a luz natural, a localização das tarefas com maiores exigências visuais deve ser sempre próxima às janelas, facto que nem sempre é observado na prática.

-Da radiação proveniente do sol, aproximadamente 50% da energia recebida na Terra é composta pelo espectro visível (luz), e uma parcela de aproximadamente 45% é composta por radiações infravermelhas. Um sistema de iluminação natural eficiente deve possuir uma proteção adequada contra a incidência da radiação solar direta. Nestas condições, o uso da luz natural pode permitir uma redução de até 50% no consumo de energia elétrica com iluminação, com efeitos positivos sobre o consumo dos sistemas de ar condicionado [1].

## **1.1. Objetivos propostos**

O objetivo principal deste trabalho de Estágio foi a identificação e a análise técnico-económica de medidas de eficiência energética que possam ser implementadas no Complexo das Piscinas Municipais da Sertã que, garantido a qualidade de serviço proporcionada aos utentes, conduzam a uma redução de consumos, da fatura energética e consequentemente da redução da emissão dos gases de efeito de estufa.

A realização deste estudo tem como propósito, a resolução de um problema com as instalações referidas e apresentadas, não só de forma a cumprir com a regulamentação em vigor (nível de iluminação mínima ao nível do solo do piso dos tanques), como também procurar apresentar possíveis soluções de forma a utilizar este espaço racionalmente, promovendo a eficiência energética.

A realização deste trabalho iniciou-se com a caracterização estrutural e funcional do edifício, seguindo-se a caracterização energética das Piscinas Municipais, da responsabilidade da autarquia.



## **1.2. Estrutura do relatório**

Este Relatório está estruturado em seis capítulos.

Neste primeiro capítulo é feito o enquadramento do trabalho, indicados os objetivos do Estágio e apresentado um breve resumo do conteúdo de cada capítulo.

No capítulo dois é feita referência à eficiência energética em piscinas municipais, elencando-se um conjunto de medidas que podem ser implementadas nestes espaços e relatadas algumas experiências portuguesas.

A caracterização estrutural e funcional do edifício é feita no capítulo três, onde se refere de forma sucinta as soluções estruturais, revestimentos e materiais utilizados.

No capítulo quatro apresenta-se a caracterização energética do edifício. São apresentados os consumos energéticos do edifício e caracterizados os principais sistemas energéticos instalados e apresentados os principais resultados das monitorizações efetuadas.

No capítulo cinco é apresentada a avaliação das medidas de eficiência energética identificadas e que dizem respeito à substituição de tecnologias no sistema de iluminação da área das piscinas e ao desvio de consumos de alguns equipamentos. No último capítulo são apresentadas as principais conclusões deste trabalho.



## **2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PISCINAS MUNICIPAIS**

A procura das piscinas para atividades desportivas, recreativas e terapêuticas tem conhecido um grande desenvolvimento e é incentivada, a vários níveis, como prática salutar, quer em termos de desenvolvimento físico quer em termos lúdicos.

As piscinas interiores são importantes centros de lazer e entretenimento em todo o mundo. A fim de proporcionar um ambiente confortável e saudável para os utilizadores e proteger a estrutura do edifício, diversos parâmetros ambientais importantes devem ser controlados e monitorizados nas piscinas interiores, como o espaço interior e temperatura da piscina, a humidade relativa do ar e velocidade do ar sobre a superfície da água [2].

Uma grande quantidade de energia é necessária para os diferentes sistemas instalados que garantem a iluminação dos diferentes espaços, para a desumidificação do ar interior, para o ajustando da temperatura do ar interior e aquecimento da água da piscina e sanitária.

Nas últimas décadas diversas instituições, entidades públicas ou particulares, têm pretendido corresponder a esta necessidade colocando à disposição dos cidadãos um elevado número de piscinas que, embora significativo, deve ser considerado globalmente insuficiente.

Todavia, ao aumento em quantidade não tem correspondido a desejável melhoria de qualidade, atendendo às deficiências nas condições higiénicas da água, nas condições de segurança, nos excessos de lotação, na localização e nas disposições funcionais gerais que se manifestam em grande número de piscinas [3].

As Piscinas Municipais apresentam consumos importantes, representando um peso significativo na fatura energética quando comparado com os consumos do restante edificado, em resultado das maiores potências envolvidas e da dimensão dos equipamentos utilizados. Esta tendência fez com que a análise destes consumos e da respetiva fatura tenham ganho prioridade relativamente às restantes faturas e consumos.

### **2.1. Medidas de Eficiência em Piscinas Interiores**

O incremento da eficiência energética em piscinas interiores, nomeadamente aquelas cuja gestão é da responsabilidade dos municípios, pode concretizar-se através de otimizações contratuais, otimização de procedimentos, instalação de equipamentos mais eficientes e utilização de fontes de energia renováveis.

Indica-se na Tabela 2.1 um conjunto de medidas de eficiência energética que podem ser implementadas em piscinas interiores, agupadas de acordo com a sua natureza em climatização, iluminação, estrutura e outras [4].

**Tabela 2. 1 – Medidas de Eficiência Energética em Piscinas Interiores.**

<b>Climatização</b>	<b>Iluminação</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalação de sistemas renováveis</li> <li>• Instalação de sistemas centralizados de climatização</li> <li>• Isolamento das tubagens da rede de fluidos</li> <li>• Recuperação de calor residual</li> <li>• Controlo do caudal de extração dos ventiladores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalação de tecnologias mais eficientes</li> <li>• Controlo dos circuitos de iluminação por zonas</li> <li>• Regulação da iluminação em função da luz natural</li> <li>• Instalação de sensores de presença</li> <li>• Instalação de balastros eletrónicos nas lâmpadas fluorescentes</li> </ul>
<b>Estrutura</b>	<b>Outras</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pintura das paredes com cores claras</li> <li>• Instalação de sistemas de proteção solar dos vãos envidraçados</li> <li>• Calafetagem das janelas e isolamento térmico do edifício</li> <li>• Isolamento da cobertura das piscinas aquecidas</li> <li>• Isolamentos térmicos nos edifícios e nas instalações em causa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalação de sistemas centralizados de gestão e controlo de consumos</li> <li>• Instalação de variadores de velocidade nas bombas de circulação da água sanitária</li> <li>• Compensação do fator de potência</li> <li>• Instalação de redutores de caudal dos chuveiros</li> <li>• Adoção de medidas comportamentais</li> </ul>

Atendendo aos objetivos deste trabalho, transcrevem-se os requisitos de iluminação em piscinas interiores [3]:

- Nas zonas de actividades ou de banho das piscinas cobertas e convertíveis a instalações de iluminação artificial deverão estabelecer-se de modo a garantirem as melhores condições de visibilidade e a segurança dos utentes.
- O nível de iluminação de serviço sobre o cais e as superfícies de plano de água, não deve ser em nenhum ponto, inferior a 200 lux, em geral, ou a 300 lux nos tanques desportivos. Nas restantes zonas de serviços anexos das piscinas, deverá assegurar-se um nível mínimo de 150 lux de iluminação geral.
- Deverão adoptar-se disposições construtivas que garantam a iluminação natural nas zonas de actividades ou de banho, através dos paramentos exteriores ou dos tectos, com

superfícies de passagem de luz dimensionadas na proporção mínima de 50% das áreas de plano de água.

- Nos vestiários e balneários, deverá assegurar-se um factor médio de luz diurna de 2%, relativamente às respectivas áreas construídas.
- Deverão ser previstos e instalados sistemas de iluminação de emergência para funcionamento em caso de cortes de energia no sistema de alimentação principal.
- As instalações de iluminação subaquática, de iluminação geral, bem como as instalações de utilização de energia eléctrica em geral, deverão ser concebidas e realizadas com a observância da legislação e regulamentação específica em vigor.

## 2.2. Experiências Nacionais

Existem várias experiências em Portugal referentes ao incremento da eficiência energética em piscinas municipais. Alguns destes exemplos são indicados na Tabela 2.2, onde se indicam também as medidas de eficiência energética implementadas ou em estudo.

**Tabela 2. 2 – Eficiência Energética em Piscinas Municipais- Experiências Nacionais.**

Local	Medidas	Fonte
Lisboa	Incorporação de 112 coletores solares térmicos Instalação de lâmpadas de baixo consumo Utilização de bombas de calor de 4 vias Instalação de tanques de compensação Instalação de balastros eletrónicos Incorporação de lâmpadas de alta eficiência	[5]
Abrantes Vila Nova da Barquinha	Aplicação de tecnologia mais eficiente na iluminação interior Aplicação de tomadas de corte corrente para consumos em stand-by Deslocação de consumos de equipamentos Eletrobomba com regulação de velocidade Adequação/Sectorização de sistemas de climatização mais eficientes	[6]
Alvor	Incorporação de 60 coletores solares térmicos	[4]
Rio Maior	Incorporação de coletores solares térmicos Renovação da central térmica Instalação de equipamentos de gestão técnica centralizada	[7]

Tabela 2. 2 – Eficiência Energética em Piscinas Municipais- Experiências Nacionais (cont.).

<b>Local</b>	<b>Medidas</b>	<b>Fonte</b>
Bombarral	Incorporação de 20 coletores solares térmicos Instalação de quatro caldeiras atmosféricas	[8]
Anadia	Projeto Solar Térmico das Piscinas Municipais Sistema Aquecimento Solar Térmico nas Piscinas Municipais	[9]
Gafanha da Nazaré*	Instalação de detetores de presença nos balneários e sanitários Utilização de sistemas de aproveitamento da energia solar Correção do fator de potência	[10]
Alcobaça	Aplicação das películas de proteção solar exteriores Instalação de Painéis Solares Térmicos Substituição da Iluminação Substituição das Caldeiras a Gás Natural Instalação de uma Bateria de Condensadores	[11]

\*Estudo

### 3. CARATERIZAÇÃO ESTRUTURAL E FUNCIONAL DO EDIFÍCIO

Neste capítulo apresentam-se as principais caraterísticas construtivas e estruturais do edifício das piscinas, cuja vista se apresenta na Figura 1, e faz-se referência à sua organização funcional.



Figura 3. 1 – Vista do Edifício das Piscinas.

#### 3.1. Estrutura e Fundações

O edifício é constituído por 2 Corpos estruturalmente independentes, que se designam por Corpo A (visível na Figura 3.1) e Corpo B (não visível na Figura 3.1), separados entre si por juntas de dilatação.

O Corpo A é constituído por dois pisos: 0 e 1. No piso 0 localizam-se as piscinas, sendo o piso 1 constituído pelo terraço e respetiva cobertura.

O Corpo B é constituído apenas pelo Piso 0 (piso térreo) e respetiva cobertura.

### 3.1.1. Soluções Estruturais

A cobertura do espaço das Piscinas – Corpo A é composta por uma superestrutura com base em perfis de madeira lamelada colada com resinas, que recebe o revestimento final. Esta superestrutura apoia na superestrutura de betão, por intermédio de chapas e chumbadouros.

Para os Corpos A e B estão construídas soluções estruturais de betão armado com base em lajes maciças com 0,15 m e 0,25 m de espessura que apoiam em sistemas de pórticos de viga e pilar.

No Piso 0 do Corpo A, a estrutura do pavimento é constituída por pavimento em laje fungiforme maciça com 0,25 m de espessura e vigas de bordadura.

Estando o Corpo A semienterrado, houve necessidade de considerar paredes de suporte de terra e contrafortes com a dimensão e espaçamento condicionados pelo limite da área de intervenção e existência de uma casa na proximidade do edifício.

Considerou-se a ligação das paredes à estrutura das piscinas e tanques de compensação através de escoras.

No Corpo B, devido a encontrar-se semienterrado no Piso 0, houve a necessidade de se dimensionar uma parede de suporte de betão armado ligado monoliticamente à superestrutura. A modelação dos pilares foi condicionada por necessidades funcionais do edifício.

Para a zona onde está instalado o equipamento pesado de AVAC, optou-se, para o piso por uma solução de lajes de betão armado com espessura máxima de 0,10 m, sobre chapa colaborante HAIRCOL 59S (HAIRONVILLE) de 1,00 mm de espessura, apoiada em vigas principais em HEB180 com 5,70 m de comprimento. Estas vigas estão apoiadas num muro de suporte de terras em betão armado e numa viga metálica treliçada com 21,46 m de vão.

A viga metálica treliçada está apoiada em ambas as extremidades, numa parede de suporte de terras e num pilar em betão armado, e é formada por cordas inferiores em perfil metálico HEB180, cordas superiores em perfil metálico HEB220, cordas interiores verticais em perfil metálico HEB180 e cordas interiores inclinadas em perfil metálico HEB220 e em perfil metálico HEB180.

### 3.1.2. Pavimentos Têrreos e Fundações

Para a execução dos pavimentos têrreos considerou se uma camada de enrocamento de 0,35 m de espessura sobre solo bem compactado e uma camada de massame de 0,15 m, duplamente armado com varões electro soldados da classe A500EL, Tipo “Malhasol CQ 30”, sobre o qual assenta o acabamento respetivo.



As fundações são diretas por intermédio de sapatas rígidas de betão armado. A tensão máxima admissível considerada é de 0,30 Mpa para a cota prevista para a base das sapatas de acordo com o Estudo Geológico – Geotécnico efetuado.

### **3.1.3. Materiais**

Preconizaram-se os seguintes materiais para a execução da estrutura e fundações:

- Betão C25/30 (B30) – Arranjos Exteriores
- Betão C 30/37 EC2 (B35)
- Betão C30/37 ECLA (B35)
- Betão C16/20 EC2 (B20) a empregar na regularização da fundação
- Betão leve em enchimento e camada de forma – 12 kN/m<sup>3</sup>
- Aço A 400 NR em varão.
- Aço A 500 EL em malhas electro soldadas.

Como consequência direta de se tratar de uma estrutura sujeita a grandes sobrecargas preconizaram-se os seguintes materiais para execução da treliça metálica:

- S275JR (Fe430), em perfil metálico
- Chapa colaborante HAIRCOL 59S (HAIRONVILLE)
- Malha electro soldada HQ106 Kari da Helição (A500ER)

A madeira a utilizar nos perfis laminados colados é a “Picea Abies “ (Abeto) de acordo com a norma DIN 4074.

- As colas de resina (W.B.P.), terão que ser homologadas pelo F.M.P.A., Otto Graff Institut

### **3.1.4. Tratamento da Estrutura de Madeira**

As superfícies externas dos perfis estão tratadas por impregnação de produtos xilógrafos, de base fungicida e inseticida, hidrorrepelentes tipo “Bayer “ ou similar, aplicados em fábrica.

### **3.1.5. Revestimentos de Paredes, Tetos Pavimentos e Exteriores**

O revestimento das paredes, tetos, pavimentos e exteriores, foram executados com os materiais a seguir apresentados, sendo a sua distribuição e aplicação.

Assim os materiais foram os seguintes:

### **Tetos**

Gesso cartonado pintado a tinta plástica, cor branca, tipo "3a mate - anti ácaros, insetos e fungos" da cin

Gesso cartonado hidrófugo pintado a tinta plástica, cor branca, tipo "3a mate - anti ácaros, insetos e fungos" da cin

Reboco areado fino, pintado a tinta acrílica, cor branca, tipo "3a mate - anti ácaros, insetos e fungos" da cin

Painéis em "viroc" com 10 mm esp., pintados a tinta acrílica cor branca

Pintura sobre betão tipo "masterseal f 1131 branco - betor mbt"

Revestimento flexível cimentoso tipo "masterseal 550 secoflex - betor mbt"

Teto em madeira, de acordo com projeto do fabricante – sauna

### **Paredes**

Mosaico de grês porcelânico esmaltado para revestimento, de acabamento liso, tipo "rosagrês - indugres liso - ref. 122g1", cor azul, dim. 119x244x8 mm

Mosaico de grês porcelânico esmaltado para revestimento, de acabamento liso, tipo "rosagrês - indugres liso - ref. 122g1", cor ultramar, dim. 119x244x8 mm

Mosaico de grês porcelânico, de superfície satinada tipo "cerâmica vogue, mod. In céu", dim. 100x100 mm

Mosaico de grês porcelânico, de superfície satinada tipo "cerâmica vogue, mod. In mandarino", dim. 100x100 mm

Reboco areado fino, pintado a tinta acrílica, cor branca, tipo "3a mate - anti ácaros, insetos e fungos" da cin

Revestimento em madeira, de acordo com projeto do fabricante – sauna

Pintura sobre betão tipo "masterseal f 1131 branco - betor mbt"

Revestimento flexível cimentoso tipo "masterseal 550 secoflex - betor mbt"

Painéis em "viroc" com 10 mm esp. , pintados a tinta acrílica cor branca

Cerâmico Tipo "Pavigres - Arte Nova" - 10x10, Com Tapa Juntas À Cor

### **Pavimentos**

Mosaico de grês porcelânico não esmaltado antiderrapante tipo "rosagres - indugres pastilha - ref. 240g3", dim. 244x244x10 mm

Mosaico de grês porcelânico não esmaltado antiderrapante tipo "rosagres - indugres liso - ref. 240g3", dim. 244x244x10 mm

Mosaico de grês porcelânico não esmaltado antiderrapante tipo "rosagres - indugres tecno plus - ref. 122g3", dim. 119x244x10 mm

Mosaico de grês porcelânico, de superfície satinada tipo "cerâmica vogue, mod. In perla", dim. 200x200 mm

Mosaico de grês porcelânico, de superfície anti-derrapante tipo "cerâmica vogue, mod. Rf perla", dim. 200x200 mm

Mosaico hidráulico, tipo "projeto mosaico" dim. 200x200 mm - 3 cores a definir em obra  
Revestimento flexível cimentoso tipo "masterseal 550 secoflex - betor mbt"

Betonilha de regularização com endurecedor de superfície tipo "mastertop 100", côr a definir

Pavimento desportivo em borracha, esp. 4,5 mm tipo "plansystem energy", côr a definir

Pedra da região, amaciada em placas de 600x600x30 mm

Pintura sobre betão tipo "masterseal f1131 - betor mbt" - ral 7023

Placas de pedra lavada, tipo "cimenteira do louro - mod. 250" dim. 600x400x42 mm

Pavimento em madeira, de acordo com projeto do fabricante – sauna.

Pavimento em madeira maciça de kâmbala escura.

### **Alçados**

Pedra Calcária Da Região, Amaciada

Grelhas Tipo "RENSON" Nº 411 TERMOLACADAS Á CÔR RAL 7035

Bandejas De Alumínio Reta Kalzip® No Perfil 65/400 De 1,00 mm de espessura com acabamento Alupluszinc®

Pedra calcária da região, amaciada

Reboco areado fino para pintar a tinta plástica, cor branca, tipo "3a mate - anti ácaros, insetos e fungos" da cin

Estores exteriores orientáveis tipo "warena - cruzfer", tipo 80

Bandejas de alumínio reta kalzip® no perfil 65/400 de 1,00 mm de espessura com acabamento alupluszinc®

Gargula de descarga em aço inox (6 unidades)

Reboco areado fino para pintar a tinta plástica, cor branca, tipo "3a mate - anti ácaros, insetos e fungos" da cin.

### 3.2. Organização Funcional

A organização interna do edifício resultou de uma análise racional / funcional do programa preliminar de concurso, da documentação específica sobre piscinas (Diretiva do Conselho Nacional de Qualidade 23/93, DL 317/97, RP da Federação Portuguesa de Natação, Normas do Instituto Nacional de Desporto) bem como toda a regulamentação em vigor aplicável (RGEU; Acessibilidade; Segurança; Conforto Térmico e Acústico; etc..).

A solução apresentada teve como premissas:

- Dois eixos de distribuição / circulação que permitem a separação das zonas de Utentes e de Técnicos Monitores / Administrativos;
- Separação da zona Social / Público das zonas anteriores;
- Enquadramento visual da envolvente quando no interior do edifício.

Segue-se a explicação da organização funcional:

Partindo do Átrio ( piso térreo) “controlado” pela receção / secretaria, é possível aceder a dois eixos de circulação, um que nos leva aos balneários / sanitários de Utentes e a partir destes ao cais da piscina, a um “ginásio” de manutenção existente no piso inferior e por acesso restrito à cave técnica e balneários / sanitários de auxiliares, o outro percurso reservado a técnicos monitores desenvolve-se também no piso térreo e permite aceder aos balneários sanitários de Técnicos, à sala de comando e controle, à sala de monitores e vigilantes, ao posto médico, ao armazém de material lúdico desportivo e ao cais.

O acesso à zona social/público é controlado no átrio térreo e esta desenvolve-se no mesmo piso, onde inclui o bar e uma área de bancadas em contacto visual com o cais das piscinas.

Seguem-se a caracterização de alguns espaços do edifício:

Átrio / Receção / Secretaria – Controla os acessos de utentes e visitantes, e permite aceder aos espaços de serviços administrativos e sala de reuniões;

Balneários e Sanitários de Utentes – Dividem-se por sexos e existe uma separação clara entre os espaços de vestiários, balneários e sanitários. Possuem ventilação e iluminação naturais garantidas pela existência de lanternins zenitais.

Sala de Monitores e Vigilantes – Com visibilidade direta para o cais.

Cais e Piscina – Espaço “nave” Banhado de luz natural e contemplando a envolvente. A piscina possui uma escada de acesso “ortodoxa” de espelho curto que permite um acesso facilitado a pessoas de mobilidade condicionada.

Bar – Visibilidade para o cais e envolvente exterior. Existe também umas bancadas com visibilidade para o cais.

Zona Técnica – Desenvolve-se em cave na sua globalidade e é apoiada por galerias de manutenção no perímetro e sob o tanque. O acesso à mesma é feito à cota 226,65 m na proximidade da casa técnica das piscinas exteriores.



## 4. CARATERIZAÇÃO ENERGÉTICA DO EDIFÍCIO

Neste capítulo apresenta-se a caracterização energética do edifício das Piscinas Municipais da Sertã, que permitiu uma correta avaliação dos equipamentos instalados e a análise de soluções, que se enquadrem devidamente no edifício e resultem numa efetiva eficiência energética.

### 4.1. Consumos energéticos anuais

No edifício das piscinas consome-se energia elétrica e gás propano. No ano de 2012 estes consumos foram de 319046 kWh no caso da eletricidade, correspondendo a 68,59 tep e de 41613 kg no caso do gás propano, correspondendo a 47,02 tep. O gás é usado exclusivamente para o aquecimento das águas (águas sanitárias e água das piscinas) e é obtido a granel, sendo depositado num depósito existente para o efeito. A eletricidade é fornecida em baixa tensão especial (BTE). Na Figura 4.1 é apresentado o gráfico correspondente ao consumo energético anual referente ao ano de 2012.

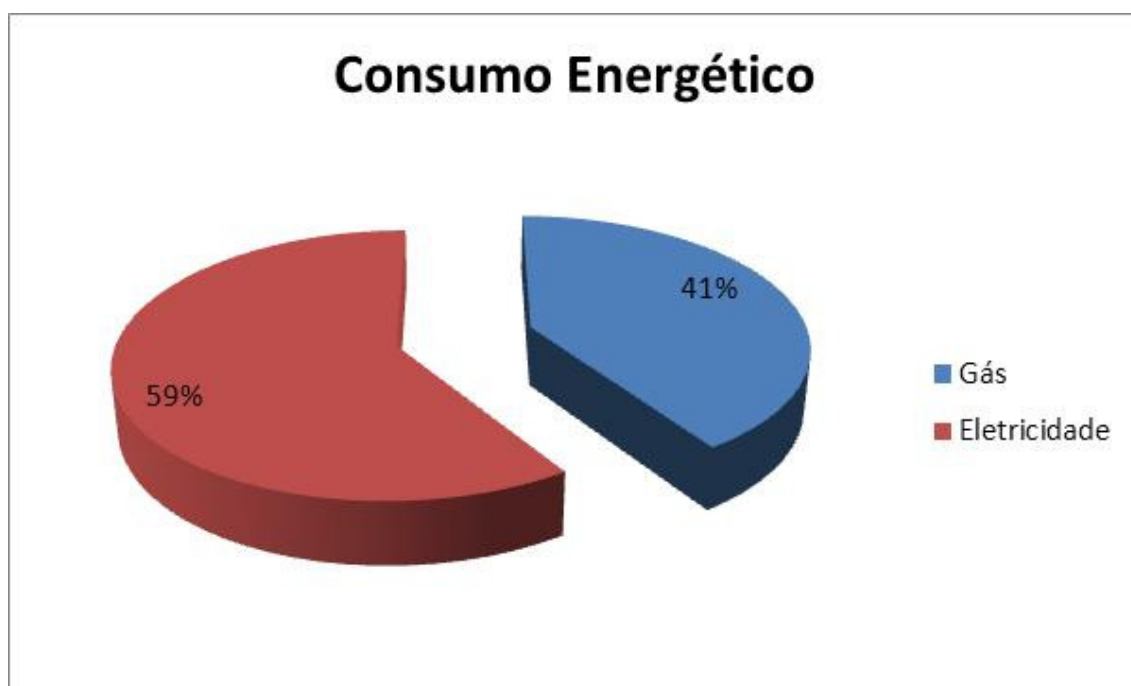


Figura 4. 1 – Consumo energético anual (2012).

Os fornecimentos mensais de gás propano verificados ao longo do ano 2012 são apresentados na Figura 4.2, assim como os respetivos encargos.

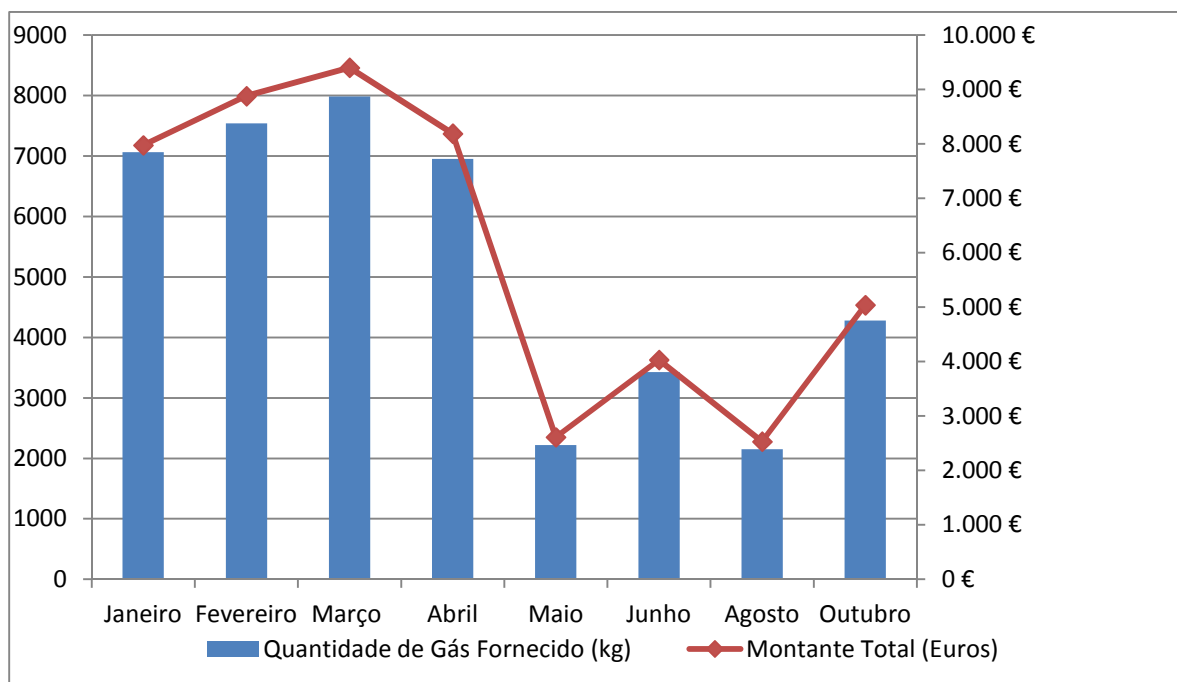


Figura 4. 2 – Consumos/encargos do gás propano (2012).

Na Figura 4.3, estão apresentados os consumos mensais de eletricidade ao longo do ano de 2012 e os montantes das respetivas faturas.

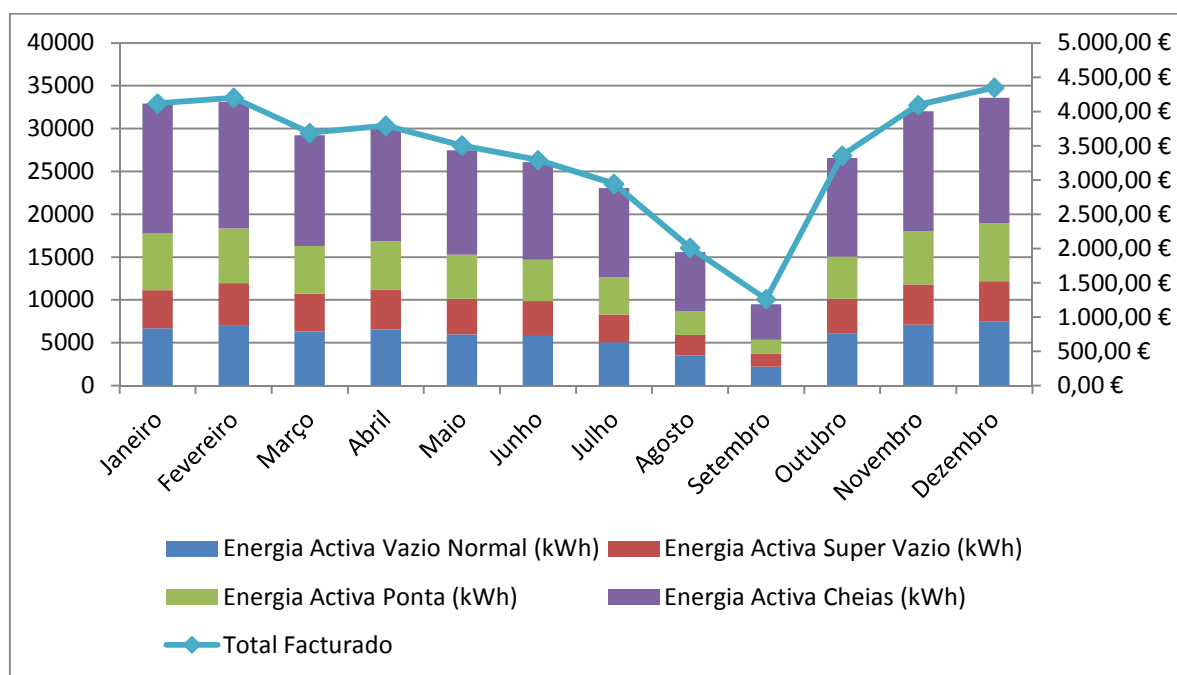


Figura 4. 3 – Consumos/custos de eletricidade (2012).



Os consumos diários de energia elétrica por período de faturação são apresentados no Anexo 1.

## 4.2. Iluminação

O sistema de iluminação atualmente existente no edifício das piscinas é essencialmente constituído por lâmpadas fluorescentes tubulares e lâmpadas fluorescentes compactas, todas equipadas com balastros eletrónicos. Na Tabela 4.1 apresenta-se o número de luminárias instaladas de cada tipo e no Anexo 2 é apresentada a lista completa das luminárias instaladas.

**Tabela 4. 1 – Número de luminárias instaladas.**

<b>Tipo de lâmpada</b>	<b>Número de luminárias</b>	<b>Tipo de Balastro</b>
Fluorescente Tubular	12	Eletrónico
Fluorescente Tubular (T5)	3	Eletrónico
Fluorescente Compacta	16	Eletrónico
Iodetos Metálicos	3	-
Iodetos Metálicos HQI-T	1	-
Halogéneo	3	-
Incandescente	3	-

## 4.3. Grupos Eletrobomba

Os grupos eletrobomba para recirculação de água são do tipo centrífugo, de trabalho na horizontal, com corpo em ferro fundido e veio em bronze, e empanque mecânico em aço inoxidável. O motor e bomba apresentam montagem em base comum, munida de dispositivos anti vibratórios.

Os motores elétricos são do tipo blindado de 1450 r.p.m. e utilizam corrente elétrica trifásica, 380V a 50HZ e proteção IP55.

A instalação é provida de dispositivos que permitem a paragem automática em caso de falta de água nas condutas de alimentação.

### **Piscina Polivalente**

Estão instalados quatro Grupos Eletrobomba, sendo três deles de funcionamento em paralelo e um de reserva, cada um deles com as seguintes características técnicas unitárias:

- Caudal 52 m<sup>3</sup>/h a 140 kPa
- Potência 7,5 CV

Na Figura 4.4 apresentam-se as imagens dos grupos eletrobombas instalados nas duas piscinas.



Piscina Polivalente



Piscina de Aprendizagem

**Figura 4.4 – Grupos eletrobomba.**

### **Piscina de Aprendizagem**

Estão instalados três Grupos Eletrobomba sendo um de reserva, com as seguintes características gerais unitárias:

- Caudal 25 m<sup>3</sup>/h a 120 kPa;
- Potência 5,5 CV.

## **4.4. Sistemas de dosagem**

Os Sistemas de Dosagem são constituídos por Bomba Doseadora e Depósito, para utilizar no doseamento das soluções de produtos químicos.

As Bombas Doseadoras são do tipo eletromagnética e monofásica. Possuem ativação automática, pelo funcionamento dos Grupos Eletrobomba, existindo um comando de frequência a partir dos sistemas controladores para as Bombas Doseadoras de dosagem da solução de Cloro, e da solução do produto regulador do valor pH. Desta forma os doseamentos serão proporcionais aos valores medidos pelas Sondas. As Bombas Doseadoras comportam, assim, a possibilidade de regulação do débito de dosagem. Na Figura 4.5 estão apresentados os sistemas de dosagem de produtos químicos.



Figura 4. 5 – Sistemas de dosagem de produtos químicos.

### **Piscina Polivalente e de Aprendizagem**

Estão instalados seis conjuntos de Bombas Doseadoras e respectivos depósitos, três para cada uma das piscinas, com as características apresentadas na Tabela 4.2, para cada uma das soluções a dosear.

Tabela 4. 2 – Características das Bombas Doseadoras.

<b>Floculante</b>			
Bomba Doseadora:	Caudal	2	Litros/Hora
	Pressão máxima	6	kg/cm <sup>2</sup>
	Alimentação Elétrica	220	V - 50 Hz
Depósito:	Capacidade	100	Litros
<b>Cloro</b>			
Bomba Doseadora:	Caudal	10	Litros/Hora
	Pressão máxima	6	kg/cm <sup>2</sup>
	Alimentação Elétrica	220	V - 50 Hz
Depósito:	Capacidade	200	Litros
<b>Valor pH</b>			
Bomba Doseadora:	Caudal	6	Litros/Hora
	Pressão máxima	6	kg/cm <sup>2</sup>
	Alimentação Elétrica	220	V - 50 Hz
Depósito:	Capacidade	200	Litros

## 4.5. Sistemas Controladores

Estão instalados nos sistemas de recirculação das duas piscinas, Sistemas Controladores automáticos (ver Figura 4.6), do valor pH, Cloro Livre, Potencial Redox e, tratando-se de piscinas interiores, também de Temperatura.

Estes Sistemas são instalados em sincronismo com os conjuntos de dosagem e Sondas de medição. Isto é, existe uma interligação entre cada Controlador de cada piscina com as respectivas Bombas Doseadoras de Cloro e Valor pH e as Sondas de medição, de forma que o Controlador ao receber a informação do valor medido pela Sonda, e caso seja necessário, atue a respetiva Bomba Doseadora.

Os Sistemas Controladores são compostos unitariamente por:

- Controlador eletrónico Dulcomarin para medição dos parâmetros: Valor pH, Cloro Livre, Potencial Redox (e Temperatura), com sistema de leitura digital, capacidade de interligação a um registador e ainda equipado com dois sinais de saída para comando das Bombas Doseadoras e relé para alarme;
- Suporte de Sondas;
- Sondas de pH, Cloro Livre Inorgânico, Potencial Redox e Temperatura;
- Cabos de interligação entre as Sondas e os Controladores, e entre estes e as Bombas Doseadoras.



**Figura 4. 6 – Sistemas controladores.**

#### 4.6. Unidades de Foto-oxidação por Uv

As Unidades de Foto-oxidação por Ultra violetas, são de montagem horizontal, fabricadas em aço inox AISI 316L, como mostrado na Figura 4.7. Equipadas com uma lâmpada de mercúrio de alta pressão com elevada ação germicida introduzidas em tubos de quartzo com um grau de transparência de 98%. O sistema é completado com um quadro elétrico de comando e proteção e com termostato e conta-horas incluídos.



Piscina polivalente



Piscina de aprendizagem

Figura 4.7 – Unidades de Foto-oxidação por Ultra violetas.

#### 4.7. Sistema de climatização e tratamento de ar

O sistema de climatização e tratamento de ar é constituído por uma unidade de tratamento de ar, por cinco ventiladores centrífugos e uma unidade condicionadora exterior.

##### 4.7.1. Unidade de tratamento do ar (UTA)

No edifício das piscinas está instalada uma UTA (ver imagens da Figura 4.8), com as seguintes características técnicas:

- Capacidade de desumidificação mecânica (28°C 60% HR): 48,1 kg/h;
- Capacidade de desumidificação total (mecânica + ar novo – 34°C 40% HR): 57,01 kg/h;
- Potência de aquecimento (90°C /70°C / 20°C): 150 kW;
- Caudal de ar máximo: 17.000 m<sup>3</sup>/h;
- Caudal de ar mínimo: 11.500 m<sup>3</sup>/h;
- Número de compressores: 2;
- Número de circuitos frigoríficos: 2.



Figura 4. 8 – Unidades de Tratamento de Ar (UTA).

#### 4.7.2. Ventiladores centrífugos

Existem cinco ventiladores centrífugos instalados, como o apresentado na Figura 4.9 e com as seguintes características técnicas:

- Modelo: CVB9;
- Ventilador: BD9.9;
- Caudal ( $\text{m}^3/\text{h}$ ): 1800;
- Pressão (Pa): 130;
- Velocidade (rpm): 847;
- Potência de absorvida (kW): 0.141;
- Motor (kW): 0.37;
- Pressão sonora a 3m (dBA): 51.





**Figura 4. 9 – Ventiladores Centrifugos.**

#### **4.7.3. Unidade condicionadora tipo ROOF-TOP**

A unidade condicionadora apresentada na Figura 4.10 é a única unidade instalada no exterior do edifício e que vai alimentar duas máquinas interiores e apresenta as seguintes características gerais:

Modo de arrefecimento

- Capacidade de arrefecimento (kW): 9.8;
- Potência absorvida (kW): 3.68;

Modo de aquecimento

- Capacidade de aquecimento (kW): 10;
- Potência absorvida (kW): 3.16;
- Características elétricas:
  - Tensão (V/F/Hz): 230/1/50;
  - Intensidade de arranque (A): 101;
  - Corrente Máxima (A): 24.



Figura 4. 10 – Unidade condicionadora.

## 4.8. Sistema de Águas Quentes

O sistema para aquecimento de águas é composto por um sistema solar térmico e um sistema de aquecimento a gás, composto por duas caldeiras.

### 4.8.1. Sistema solar térmico

A instalação dos coletores na cobertura do edifício está definida para que haja uma simetria total entre as filas de coletores previstas, assim como entre as baterias que compõem cada fila, tal como se pode verificar no esquema da Figura 4.11.

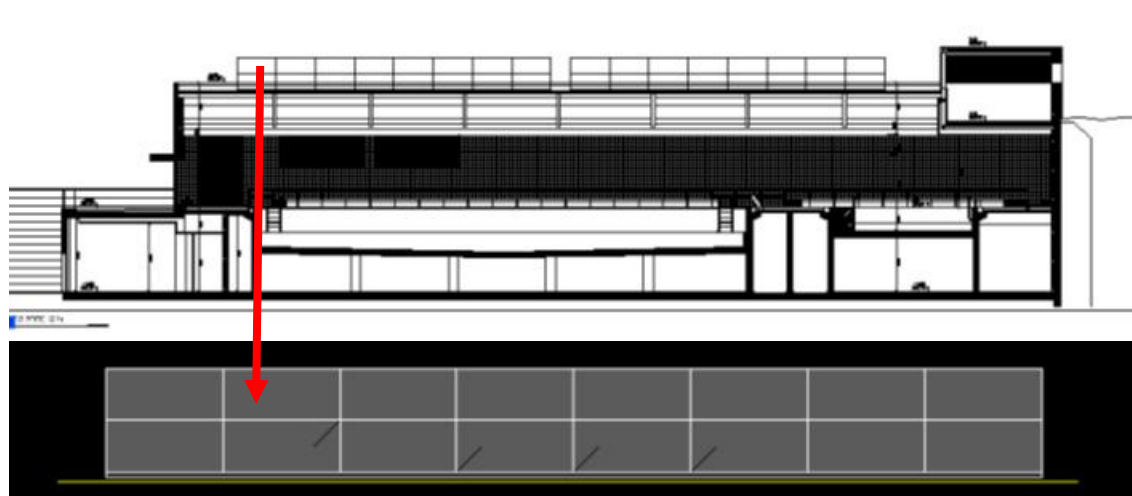


Figura 4. 11 – Esquema de distribuição dos painéis.



A utilização de 96 coletores (ver Figura 4.12) diminui a fração solar mas aumenta claramente o rendimento global da instalação, pelo nível de utilização da energia produzida.

Por outro lado, na eventualidade de, nos meses de Verão, ocorrer uma diminuição da ocupação das piscinas como acontece na generalidade das situações semelhantes, os fenómenos de vaporização e estagnação dos coletores solares serão minimizados, para evitar a deterioração dos acessórios da instalação e fluido térmico (propilenoglicol).



**Figura 4. 12 – Esquema de distribuição dos painéis.**

Os depósitos usados para as águas quentes sanitárias, com a capacidade de 2000 litros cada, são os apresentados na Figura 4.13. No lado direito desta figura é ainda visível a unidade de comando do sistema solar térmico.



**Figura 4. 13 – Depósitos AQS e unidade de comando do sistema solar térmico.**

#### 4.8.2. Sistema de aquecimento a gás

O sistema de aquecimento a gás, que garante o aquecimento da água das piscinas e ainda serve de apoio ao sistema solar térmico para aquecimento das águas sanitárias, é composto por três equipamentos principais: caldeiras, bombas circuladoras e depósitos. As duas caldeiras, mostradas na Figura 4.14, apresentam as seguintes características gerais:

- Modelo: Prextherm N 400;
- Potência nominal útil máxima (kW): 395;
- Potência nominal útil mínima (kW): 260;
- Potência Térmica P.C.I. máximo (kW): 429;
- Potência Térmica P.C.I. mínimo (kW): 279;
- Conteúdo de água (dm<sup>3</sup>): 460;
- Pressão máxima de funcionamento (bar): 6;
- Perda de carga de água ( $\Delta 10^{\circ}\text{C}/\Delta p$  mbar): 14;
- Perda de carga de água ( $\Delta 20^{\circ}\text{C}/\Delta p$  mbar): 7.



Figura 4. 14 – Caldeiras a gás.

As bombas circuladoras, apresentadas na Figura 4.15, têm as seguintes características gerais:

- Caudal 25 m<sup>3</sup>/h a 120 kPa;
- Potência 5,5 CV.

No lado direito da Figura 4.15 estão indicados os depósitos de água, com a capacidade de 1000 litros cada usados no sistema de aquecimento a gás.



Figura 4. 15 – Bombas circuladoras e depósitos do sistema de aquecimento a gás.

## 4.9. Monitorizações

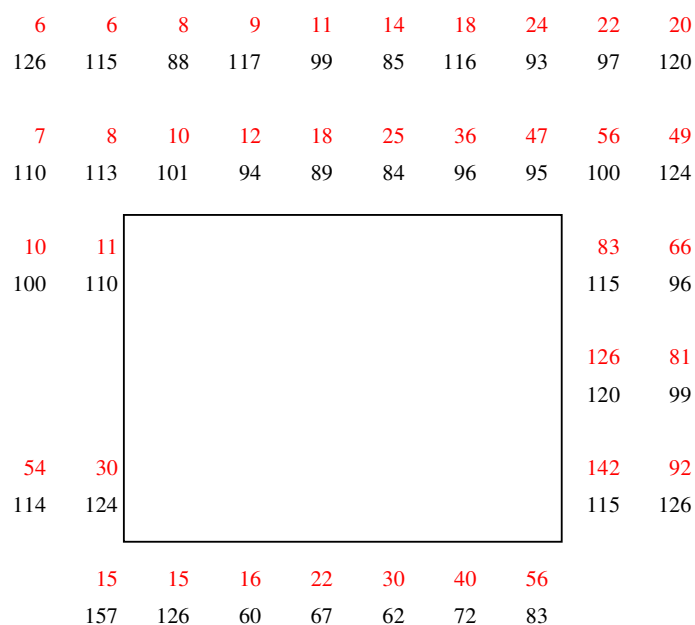
### 4.9.1. Medição dos níveis de iluminância das piscinas

Por forma a fazer cumprir a norma apresentada, com a ajuda de um luxímetro foram feitas várias medições, de forma a caracterizar os níveis de iluminância na piscina, tendo sido realizadas duas medições, uma às 15h00 só com a luz natural, e outra medição às 16h00 com a iluminação artificial toda ligada.

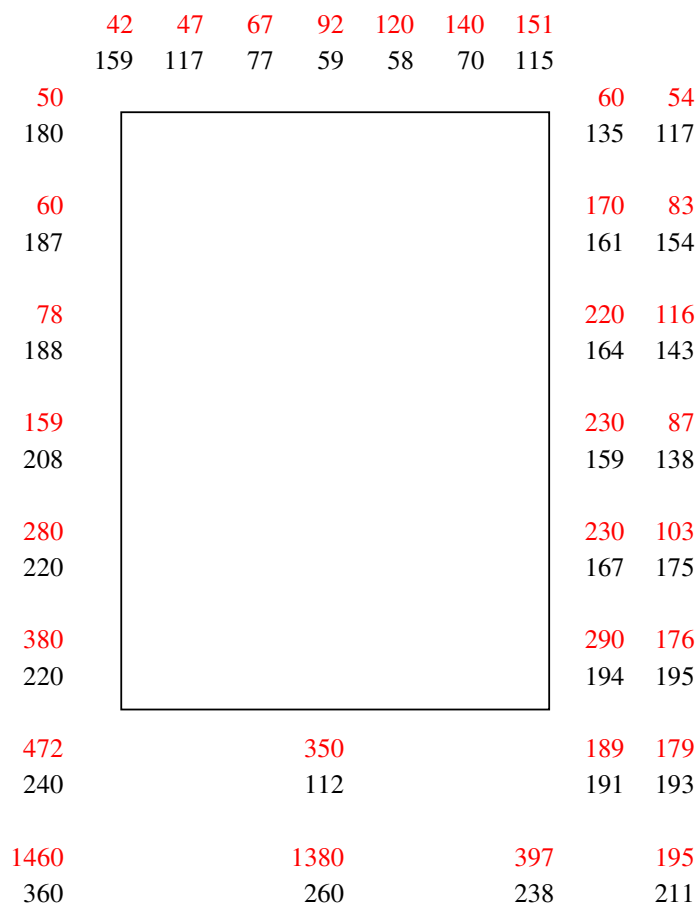
Estão instaladas 30 luminárias de iodetos metálicos 400 Watt, com luz indireta, de notar que o teto é forrado a madeira, o que diminui de forma abrupta o índice de reflexão. São apresentados, de forma esquemática, os índices que foram obtidos. Os valores obtidos, indicados em planta, estão apresentados no Anexo 3. A Iluminância média obtida apenas com luz natural, às 15h00 foi de 135,22 lux, a iluminância média obtida às 16h00 com toda a iluminação artificial em funcionamento foi de 134, 3 lux.

Na Figura 4.16 e Figura 4.17 estão apresentados os valores dos níveis de iluminância obtidos para as piscinas de aprendizagem e polivalente, respetivamente. Nestas tabelas, os valores a vermelho dizem respeito às leituras efetuadas às 15h00, só com recurso á iluminação

natural, e os valores a preto referem-se aos resultados obtidos nas leituras efetuadas às 16h00, com os projetores ligados.



**Figura 4. 16 – Níveis de iluminância na piscina de aprendizagem.**



**Figura 4. 17 – Níveis de iluminância na piscina polivalente.**

Com estas medições tira-se de imediato uma conclusão. Este edifício necessita de uma intervenção urgente, de forma a conseguir ter uma iluminância média de 200 lux como é sugerido para as piscinas, o sistema atual é deficiente, a iluminância média é muito menor que o valor recomendado. Tendo sido realizados os testes às 15h00 e 16h00, de notar que a piscina tem um período de funcionamento até às 21h00. Não foi possível efetuar testes a essa hora, mas sem a luz natural, os níveis de iluminância descem certamente de forma abrupta, ficando apenas as luminárias de emergência em funcionamento.

Na Figura 4.18, mostra-se o aspeto da zona das piscinas, onde é possível observar algum do sombreamento existente.



Figura 4. 18 – Aspeto da zona das piscinas.

#### 4.9.2. Diagramas de carga

Os valores de consumo de eletricidade registados no período de 04 a 11 de Novembro, vieram confirmar a avaliação realizada através dos dados de faturação. Como se pode verificar através do diagrama de carga semanal apresentado na Figura 4.19 e no diagrama de carga diário apresentado na Figura 4.20, o consumo diário regista um aumento significativo a partir das 5h30, quando se inicia o funcionamento dos equipamentos de climatização do edifício. Um novo aumento de consumo de eletricidade verifica-se pelas 17h30, correspondendo ao início da utilização da iluminação artificial.



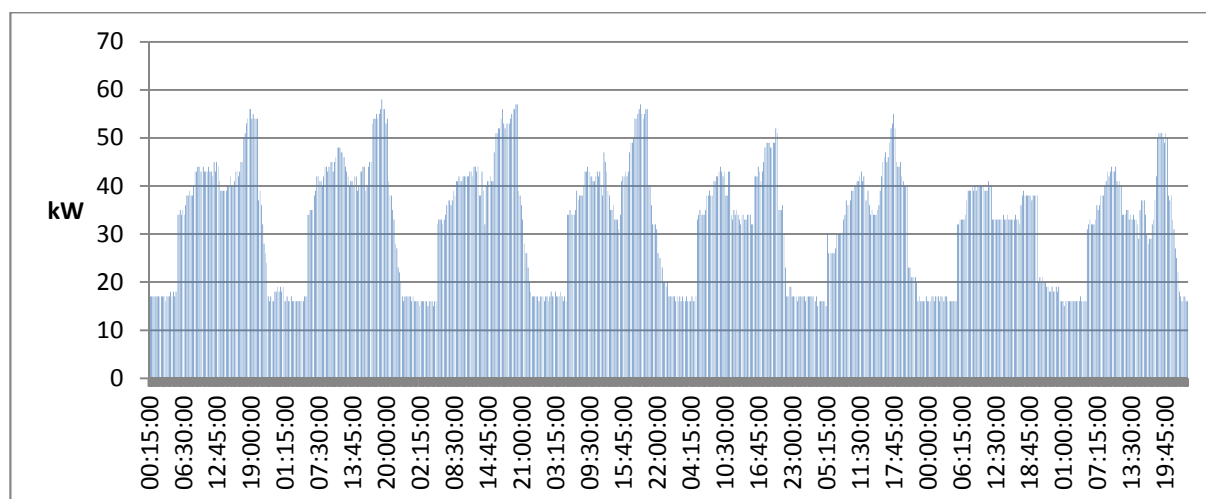


Figura 4.19 – Diagrama de carga semanal.

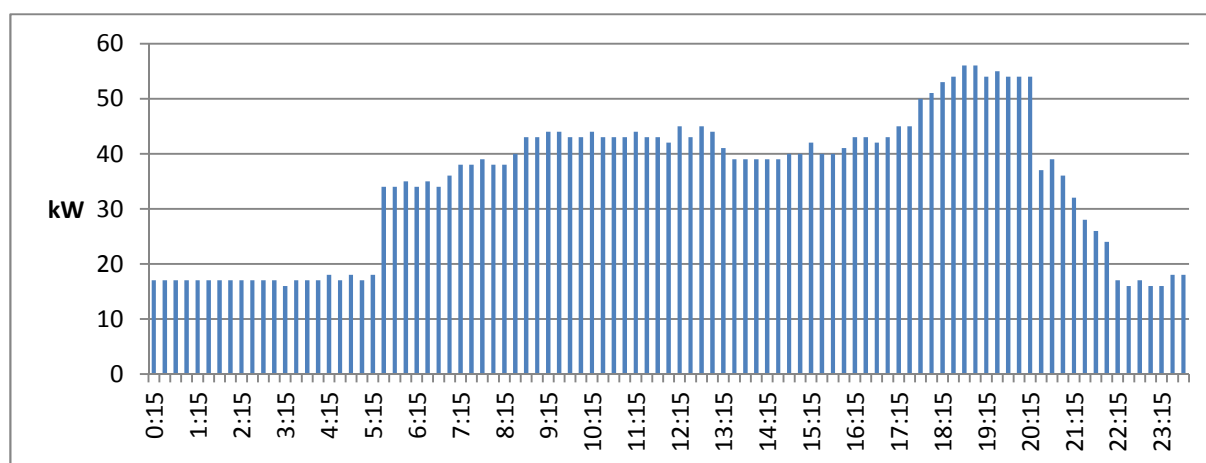


Figura 4.20 – Diagrama de carga diário (inverno).

#### 4.9.3. Desagregação dos consumos elétricos

Na Figura 4.21 está apresentada a desagregação dos consumos elétricos diários do edifício das Piscinas Municipais da Sertã para um dia típico de verão. Comparando este gráfico com o diagrama de carga apresentado na Figura 4.20, pode verificar-se que os consumos com os equipamentos de tratamento de ar se iniciam mais tarde (pelas 8h15). Este facto é justificado pela estação do ano a que os dois diagramas dizem respeito.

Como referido anteriormente, a utilização da iluminação artificial inicia-se pelas 17h30, prolongando-se até às 21h30.

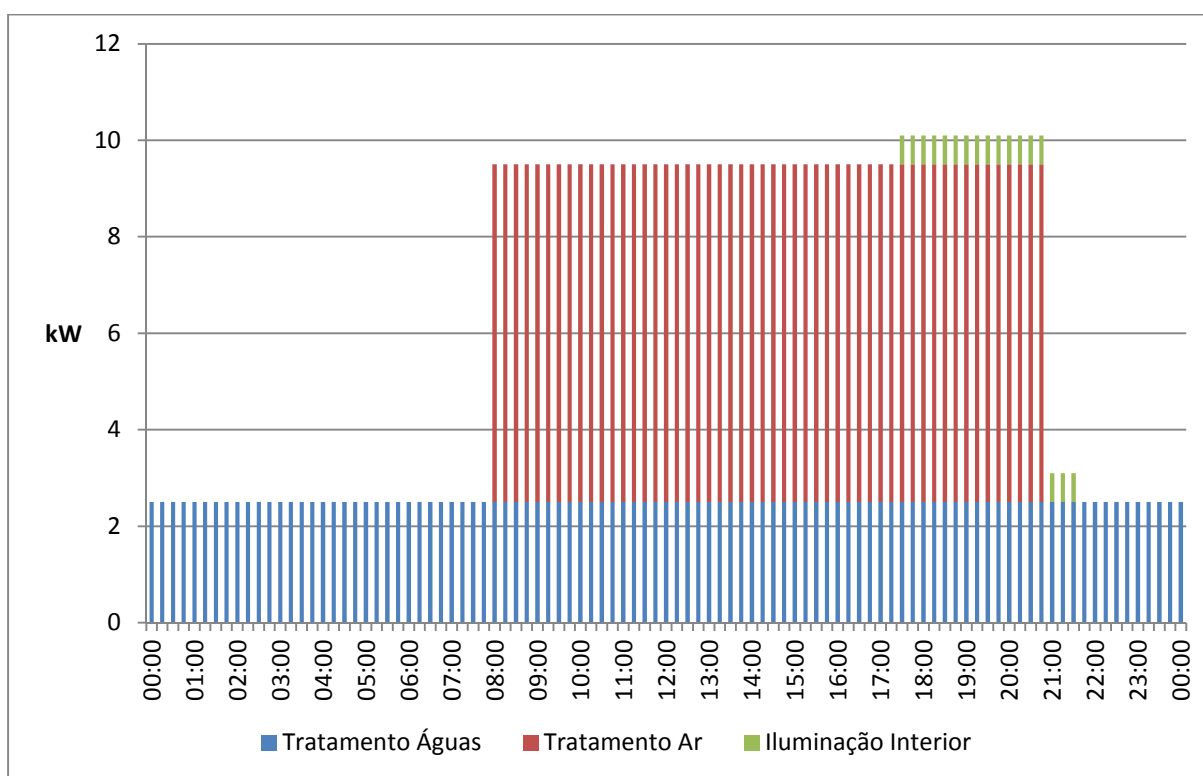


Figura 4. 21 – Desagregação dos consumos elétricos diários (verão).

Na Figura 4.22 apresenta-se a desagregação dos consumos de eletricidade pelas principais utilizações, para um dia típico de inverno.

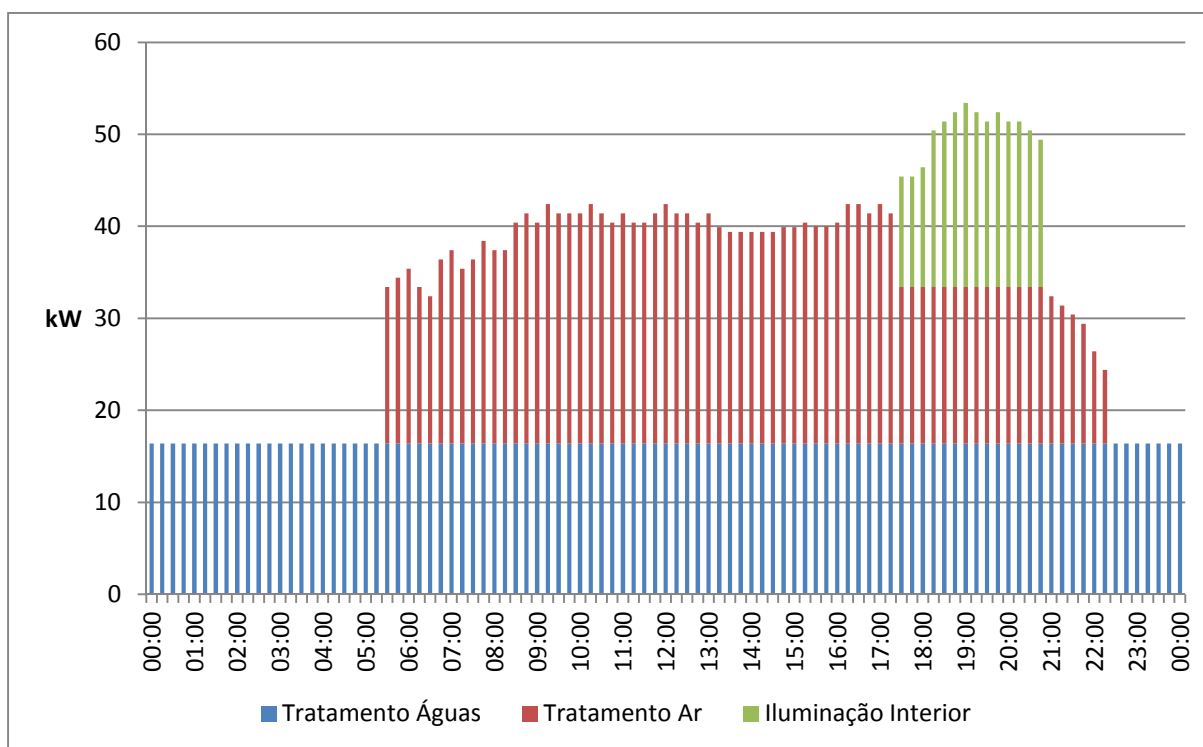


Figura 4. 22 – Desagregação dos consumos elétricos diários (inverno).

Apesar de o perfil de consumos ser semelhante ao que se verifica para um dia típico de verão, os consumos são francamente superiores para todas as utilizações. Os consumos de energia com o tratamento de água mantêm-se constantes ao longo das 24 horas e os consumos com os equipamentos usados para o tratamento do ar iniciam-se mais cedo, pelas 5h30, como já se tinha verificado no diagrama de carga diário para um dia de inverno (ver diagrama da Figura 4.20).



## 5. MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

As medidas de eficiência energética avaliadas envolvem os consumos de energia elétrica e dizem respeito à substituição de tecnologias no sistema de iluminação da área das piscinas e ao desvio de consumos de alguns equipamentos. Quanto ao gás, apenas se avaliou a possibilidade de redução de consumo, tendo em consideração o de perfil de temperaturas dos tanques e da temperatura ambiente.

### 5.1. Iluminação da área das piscinas

Foram avaliados três projetos luminotécnicos para a área das piscinas. Para a realização destes projetos recorreu-se ao software Dialux.

#### 5.1.1. Estudo luminotécnico 1

Neste projeto as luminárias existentes são retiradas e são colocadas luminárias com lâmpadas de vapor de sódio, conforme o esquema da Figura 5.1, que iluminam de forma direta. Com esta solução serão utilizadas apenas 10 luminárias.

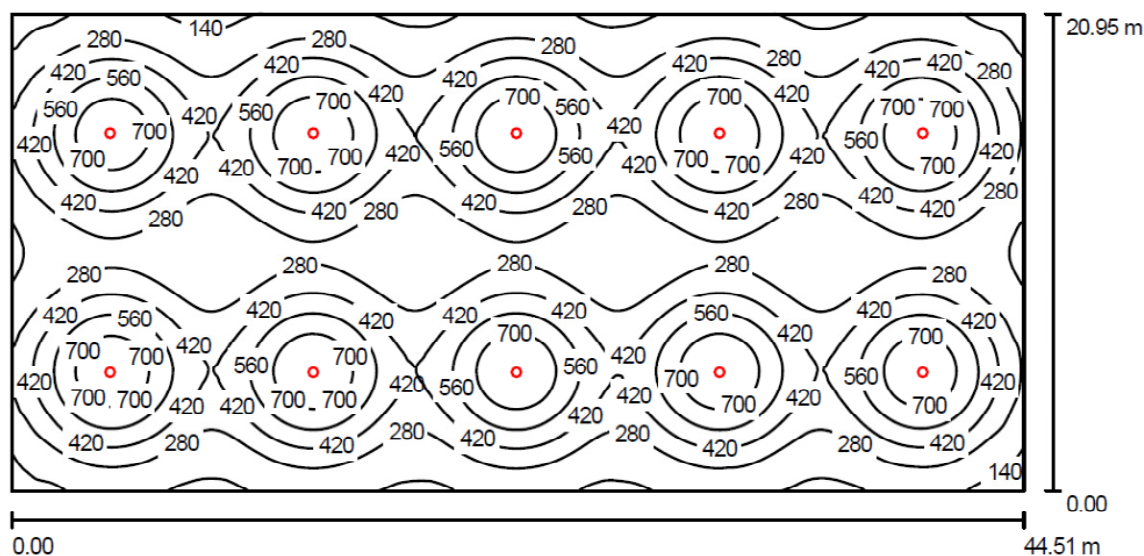


Figura 5. 1 – Distribuição fotométrica do 1º projeto avaliado.

Com esta solução, o valor médio para os níveis de iluminância é de 397 lux, em vez de 137 lux obtidos na situação existente. Na Tabela 5.1 é apresentada a avaliação económica do projeto 1.

**Tabela 5. 1 – Avaliação económica do projeto 1.**

	<b>Existente</b>	<b>Projeto 1</b>
Investimento inicial (€)	-----	7 125
Consumo anual (kWh)	15 840	5 280
Custos anuais (€)	2 039	877
Emissões anuais de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> )*	5845	19 48,3
<b>Reduções anuais</b>		
Consumo (kWh)		10 560
Custos (€)		1 315
CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)		3896,7
<b>Indicadores Económicos**</b>		
Valor Atual Líquido (VAL)		2 559,23 €
Taxa Interna de Retorno (TIR)		13.05%
Tempo de Retorno do Investimento		5,42 anos
*Considerando um fator de emissão de 369 ton CO <sub>2</sub> /GWh		
**Calculados para uma taxa de atualização de 6%		

Este estudo foi realizado mantendo as mesmas condições de funcionamento atualmente existentes, isto é, utilização da iluminação artificial durante 5 horas diárias e, quando ligada a iluminação, todas as luminárias se acendem. Mesmo sem otimizar o modo de funcionamento, obtemos uma redução de consumo de eletricidade de 57% e simultaneamente mais do dobro de iluminância média. De acordo com os valores obtidos para os indicadores económicos calculados (Valor Atual Líquido – VAL; Taxa Interna de Retorno –TIR e Tempo de Retorno do Investimento), este projeto apresenta-se como um projeto viável, com uma TIR francamente superior à taxa de atualização e um tempo de retorno do investimento inferior a 6 anos.

### 5.1.2. Estudo luminotécnico 2

Tendo em conta as tecnologias atuais, foi feito um estudo utilizando luminárias LED de 72W. Com esta solução, serão utilizadas 28 luminárias, obtendo-se uma média de 216 lux.

Na Figura 5.2 mostra-se a distribuição fotométrica obtida para este 2º projeto de iluminação proposto, sendo a análise económica apresentada na Tabela 5.2.

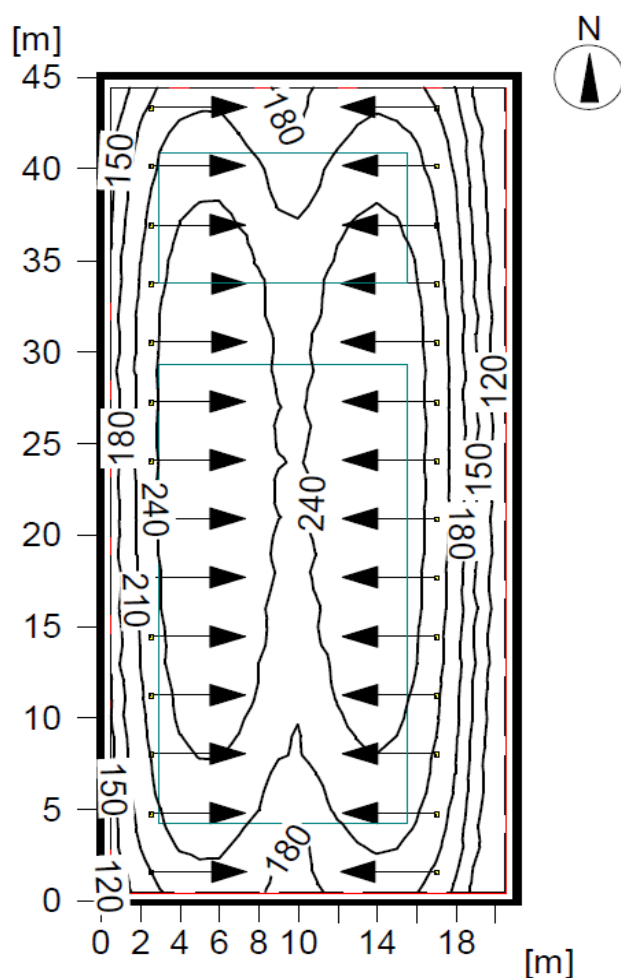


Figura 5. 2 – Distribuição fotométrica do 2º projeto avaliado.

Tabela 5. 2 – Avaliação económica do projeto 2.

	Existente	Projeto 2
Investimento inicial (€)	-----	11 200
Consumo anual (kWh)	15 840	2 661,12
Custos anuais (€)	2 039	341,95
Emissões anuais de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> )*	5845	981,95
<b>Reduções anuais</b>		
Consumo (kWh)		13 178,88
Custos (€)		1 642,05
CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)		4 863,05
<b>Indicadores Económicos**</b>		
Valor Atual Líquido (VAL)		20 871,17 €
Taxa Interna de Retorno (TIR)		14,67%
Tempo de Retorno do Investimento		6,82 anos
*Considerando um fator de emissão de 369 ton CO <sub>2</sub> /GWh		
**Calculados para uma taxa de atualização de 6%		

De acordo com o valor dos indicadores económicos calculados este projeto apresenta-se como um projeto viável, com um VAL superior a 20 000€ e uma TIR francamente superior à taxa de atualização considerada. O retorno do investimento é obtido num período inferior a 7 anos.

Na Figura 5.3 é possível visualizar o aspeto final que se vai obter nas piscinas com o projeto de iluminação 2.

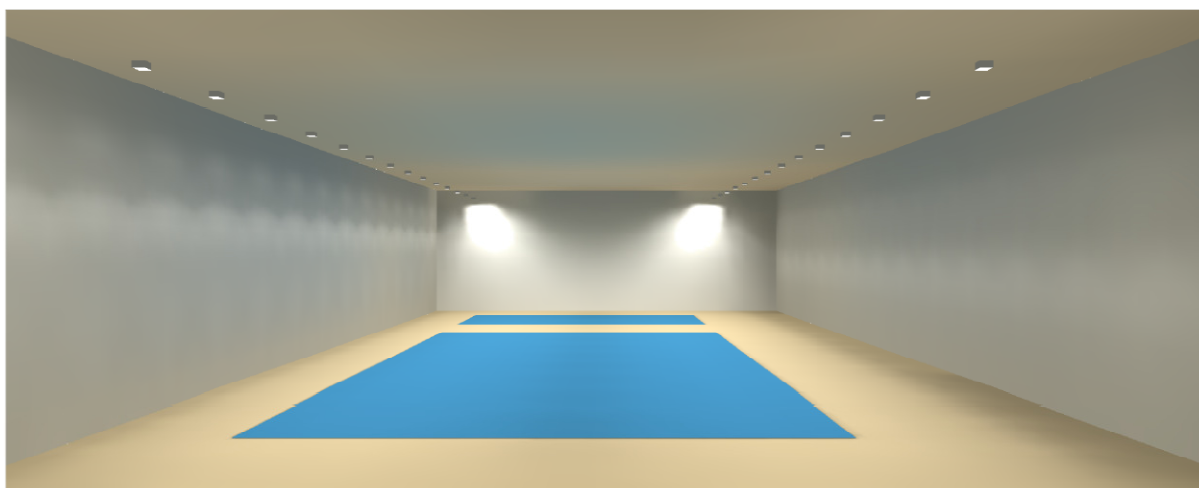


Figura 5. 3 – Imagem 3D do 2º projeto avaliado.

### 5.1.3. Estudo luminotécnico 3

Este projeto é uma otimização do projeto 1, uma vez que, em vez de 10 luminárias, são utilizadas apenas 8. Na Figura 5.4 mostra-se a distribuição fotométrica obtida para o 3º projeto de iluminação proposto, sendo a análise económica apresentada na Tabela 5.3.

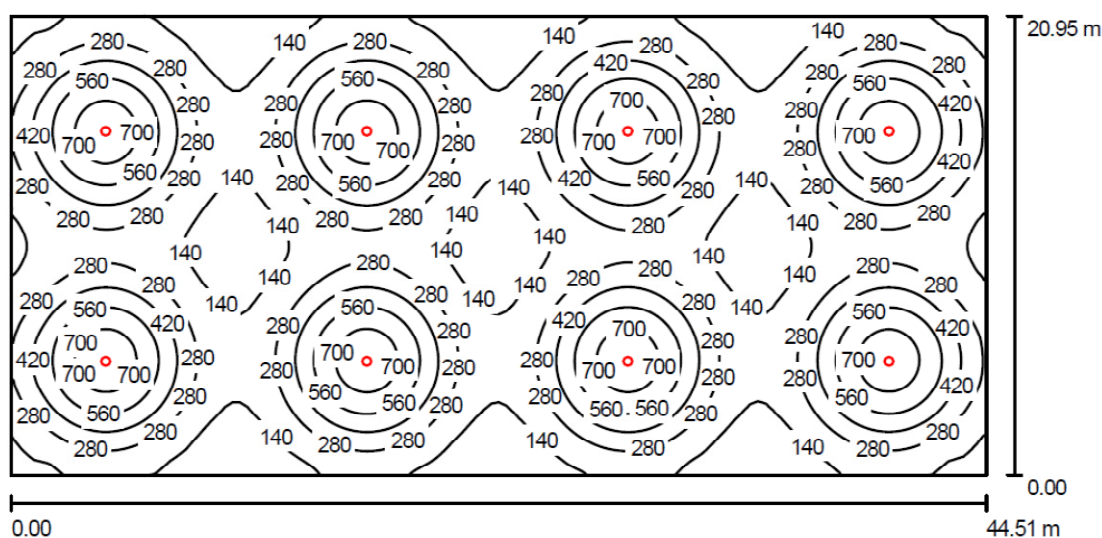


Figura 5. 4 – Distribuição fotométrica do 3º projeto avaliado.

Tabela 5. 3 – Avaliação económica do projeto 3.

	Existente	Projeto 3
Investimento inicial (€)	-----	5 760
Consumo anual (kWh)	15 840	4224
Custos anuais (€)	2 039	761,64
Emissões anuais de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> )*	5845	1 558,7
<b>Reduções anuais</b>		
Consumo (kWh)		11 616
Custos (€)		1 447,35
CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)		4 286,3
<b>Indicadores Económicos**</b>		
Valor Atual Líquido (VAL)		4 892,65 €
Taxa Interna de Retorno (TIR)		21,56%
Tempo de Retorno do Investimento		3,89 anos
*Considerando um fator de emissão de 369 ton CO <sub>2</sub> /GWh		
**Calculados para uma taxa de atualização de 6%		

Apesar de este projeto apresentar a TIR com o maior valor e os menores valores de investimento e de tempo de retorno do investimento, não é o projeto mais adequado, uma vez que a maior rentabilidade em termos económicos é conseguida sacrificando a qualidade e uniformidade da iluminância do espaço, não sendo de todo esse o objetivo (ver Figura 5.4).

Embora não se tenha contemplado o aumento do custo do kWh elétrico ao longo do período de avaliação dos diferentes projetos, realizámos a análise dos projetos para taxas de variação compreendidos no intervalo de 6% a 10%. Os resultados obtidos são os apresentados no gráfico da Figura 5.5.

Após a realização da análise do impacto de diferentes taxas de atualização sobre o VAL de cada projeto, é possível concluir que o investimento nos três projetos de iluminação mantém-se atrativo, tornando-se menos atrativos com o aumento da taxa de atualização. No entanto, o projeto 2 é aquele que continua a apresentar o valor mais atrativo do VAL, independentemente da taxa de atualização considerada.

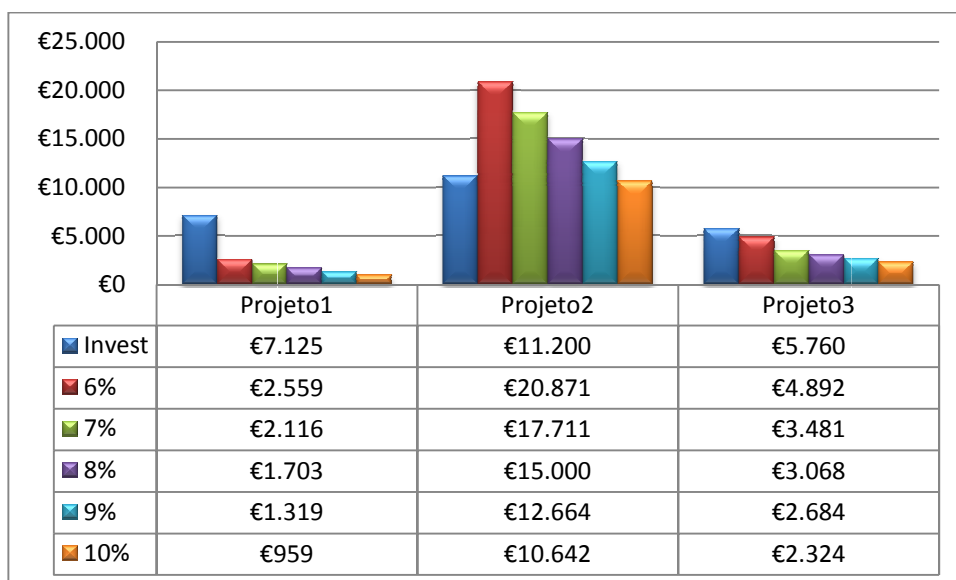
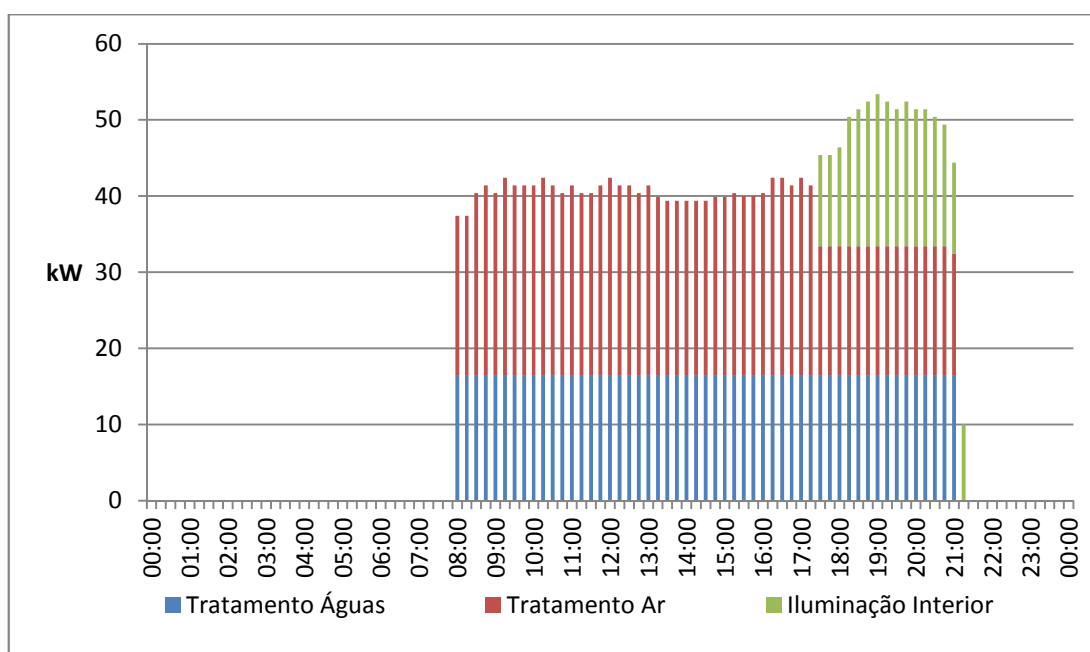


Figura 5. 5 – VAL para diferentes taxas de atualização.

## 5.2. Redução do tempo de funcionamento de alguns equipamentos

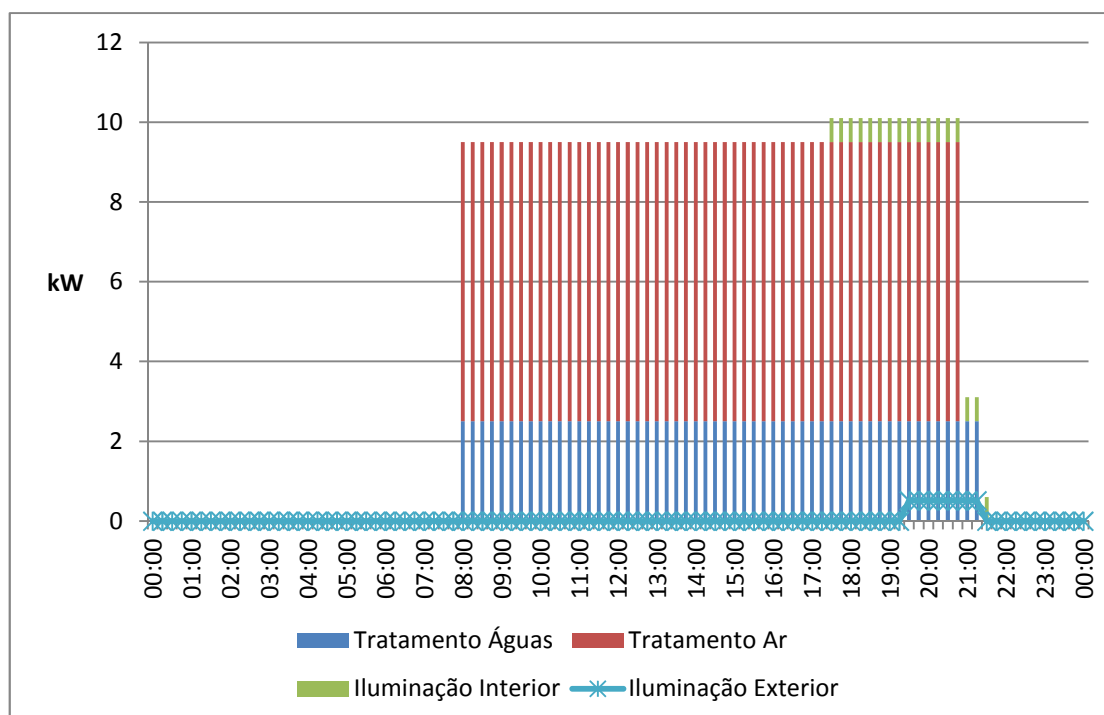
Outras medidas de racionalização de consumos que se propõem envolvem a redução de consumos obtida com a redução do tempo de funcionamento diário de alguns dos equipamentos usados em piscinas interiores. Esta redução do tempo de funcionamento destes equipamentos tem por base a “Normativa 23/93 CNQ “A qualidade nas Piscinas de uso público”, onde se indica que há vários momentos durante um dia em que os equipamentos de tratamento de águas e ar podem ser desligados.

Nas Piscinas Municipais da Sertã é possível desligar por completo todos os equipamentos de tratamento de águas e ar, levando a que durante o período da noite não haja praticamente consumo. O normal funcionamento deve ser retomado cerca de uma hora antes da abertura do espaço ao público, mantendo-se em funcionamento uma hora para além da saída de todos os utilizadores. A desagregação dos consumos de eletricidade para um dia de inverno e de verão, tendo em consideração a redução do tempo de funcionamento daqueles equipamentos, é apresentada nas figuras 5.6 e 5.7, respetivamente.



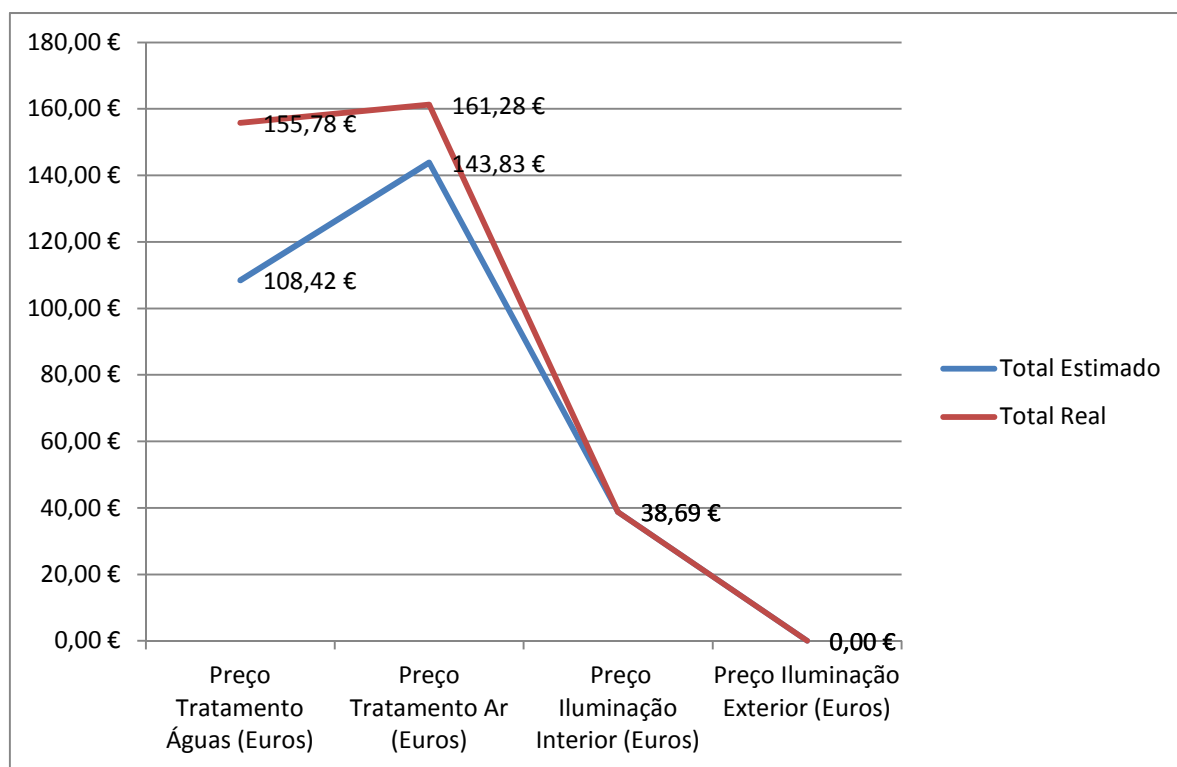
**Figura 5. 6 – Desagregação dos consumos eléctricos diários com cargas desligadas (inverno).**

No gráfico da Figura 5.7, para além dos consumos com equipamentos de tratamento de águas, tratamento de ar e iluminação interior, é visível o consumo com a iluminação exterior, o que não se verifica no gráfico da Figura 5.6. Este consumo está relacionado com a necessidade de utilizar a iluminação exterior do edifício das piscinas durante o período de verão pelo facto de a iluminação pública envolvente apenas ser ligada mais tarde.

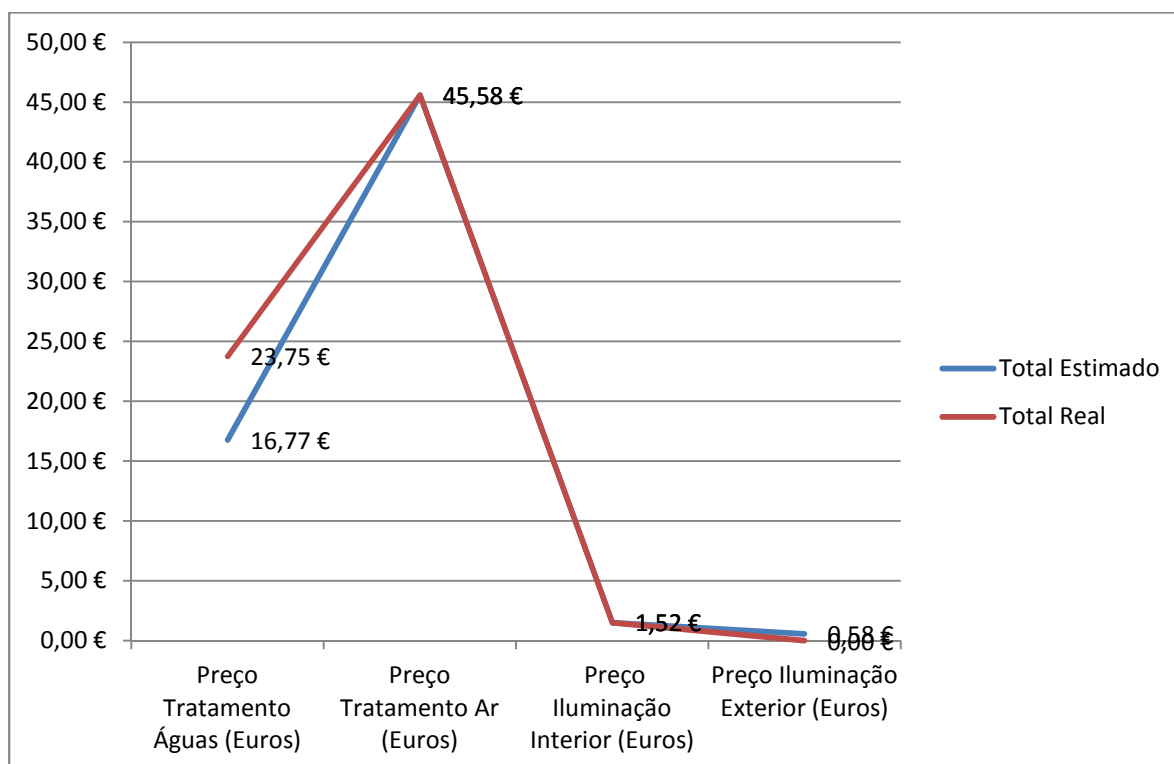


**Figura 5. 7 – Desagregação dos consumos eléctricos diários com desvio de consumos (verão).**

Foi avaliado o impacto desta redução de consumos na faturação diária de eletricidade e que é apresentado nos gráficos das figuras 5.8 e 5.9 para os períodos de inverno e verão, respetivamente.



**Figura 5. 8 – Redução prevista para os custos diários (inverno).**



**Figura 5. 9 – Redução prevista para os custos diários (verão).**



Como esperado, o impacto na faturação diária é maior para o período de inverno, onde os consumos verificados com os equipamentos de tratamento de águas e de ar são mais elevados, dada a maior amplitude térmica que se verifica neste período. A maior redução de custos (consequência da maior redução de consumo) verifica-se com os equipamentos de tratamento de águas, nos dois períodos considerados para análise.



## 6. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Muitos municípios, designadamente municípios portugueses, têm vindo ao longo dos últimos anos a implementar algumas medidas de utilização racional de energia, nomeadamente através de intervenções centradas nos edifícios e instalações municipais, com o objetivo de reduzir os consumos de energia e a respetiva fatura energética, assim como as emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, sem comprometer a qualidade dos serviços prestados pelas instalações intervencionadas aos seus utilizadores.

As ações desenvolvidas no âmbito da eficiência energética em edifícios e serviços municipais envolvem auditorias energéticas; utilização de equipamentos e tecnologias mais eficientes, nomeadamente tecnologias de iluminação; substituição de combustíveis para aquecimento; políticas e programas para projeto e uso de materiais mais sustentáveis; desenvolvimento de linhas de orientação para planeamento de edifícios energeticamente eficientes; promoção de ventilação e iluminação naturais e uso de técnicas solar passivas, sendo vários os projetos que têm sido levados a cabo nesta área, incluindo nalguns municípios portugueses.

A Câmara Municipal da Sertã está fortemente empenhada na melhoria da eficiência energética do seu concelho. O município está envolvido em vários projetos europeus de eficiência energética e energias renováveis, como o eReNeT (Rural Energy Web Learning Network for Action) e o RETS (Renewable Energies Transfer System). Enquanto signatária do Pacto de Autarcas, o principal movimento europeu que envolve autarquias locais e regionais voluntariamente empenhadas no aumento da eficiência energética e na utilização de fontes de energias renováveis nos respetivos territórios, a Câmara Municipal da Sertã já elaborou e viu aprovado o seu Plano de Ação para a Energia Sustentável (PAES).

No âmbito da realização do PAES da Sertã, foram definidas diversas medidas de sustentabilidade energética cuja implementação permitirá o cumprimento do compromisso assumido com a assinatura do Pacto de Autarcas, nomeadamente a redução de pelo menos 20% das emissões de CO<sub>2</sub> do município até 2020. As medidas consideradas no PAES foram selecionadas tendo em conta diferentes opções, nomeadamente “Iluminação Interior Eficiente (Lâmpadas de Baixo Consumo) ”, que prevê a elaboração dum “Plano de Iluminação Eficiente” que conte com a participação de gestores de energia na área dos serviços e equipamentos públicos e/ou agentes privados. Este plano deverá promover a substituição de equipamentos de iluminação ineficientes por outros de maior eficiência energética, sem

comprometer as necessidades da população, neste domínio e a qualidade da iluminação, refletindo-se numa redução de consumos e consequentemente na diminuição de emissões de CO<sub>2</sub> e da fatura energética [12].

Neste contexto, as diversas atividades realizadas ao longo do estágio curricular que decorreu na Câmara Municipal da Sertã, que se sucintamente se descrevem na Tabela 6.1, tiveram como objetivo principal a melhoria da eficiência energética das Piscina Municipais, com especial enfoque no sistema de iluminação.

**Tabela 6. 1 – Resumo das atividades realizadas.**

Levantamento de medidas de eficiência energética em Complexos de Piscinas Municipais	Foi feito um levantamento das várias medidas já implementadas nas piscinas municipais da região assim como alguns bons exemplos a nível nacional
Caracterização energética das Piscinas Municipais	Foi feito o levantamento das características do edifício quer em termos construtivos quer energéticos
Identificação de medidas de eficiência energética	Com base na caracterização energética que envolveu diversas monitorizações, foram identificadas medidas de eficiência energética que podem vir a ser implementadas
Análise das medidas de eficiência energética identificadas	Foi feita a avaliação técnico económica das medidas identificadas, nomeadamente no sistema de iluminação.

O sistema de iluminação da Piscina Municipal da Sertã é atualmente assegurado por lâmpadas fluorescentes tubulares, lâmpadas de iodetos metálicos e lâmpadas fluorescentes compactas. Apesar da enorme capacidade instalada no sistema de iluminação, verificou-se que não estão assegurados os níveis mínimos de iluminação, particularmente na área dos tanques.

Assim, e com recurso às simulações realizadas com o software Dialux, foram avaliados 3 projetos de iluminação. Os principais resultados da avaliação técnico económica dos projetos de iluminação analisados são apresentados na Tabela 6.2. O recurso a tecnologias diferentes (ou em número inferior, como é o caso do projeto 3 face ao projeto 1) conduz a valores de investimento inicial, reduções anuais de consumo, custos e emissões de CO<sub>2</sub> diferentes. Os valores obtidos para os indicadores económicos calculados (VAL; TIR e tempo de retorno de investimento, para uma taxa de atualização de 6%) são também bastante diferentes.

**Tabela 6. 2 – Resumo da avaliação dos projetos de iluminação.**

	<b>Projeto 1</b>	<b>Projeto 2</b>	<b>Projeto 3</b>
Tecnologia	Vapor de Sódio	LED	Vapor de Sódio
Investimento inicial (€)	7 125	11 200	5760
Redução anual de Consumo (kWh)	10 560	13 178	11 616
Redução anual de Custos (€)	1 315	1 642	1 447
Redução anual de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)	3 896	4 863	4 286
Valor Atual Líquido (VAL) (€)	2 559	20 871	4 892
Taxa Interna de Retorno (TIR)	13,05%	14,67%	21,56%
Tempo de Retorno (anos)	5,42	6,82	3,89

Confrontando os resultados obtidos para os três projetos, seríamos levados a considerar o projeto 3 como o melhor projeto. De facto, o projeto 3 apresenta o investimento inicial e tempo de retorno do investimento mais baixos, para além de uma Taxa Interna de Retorno significativamente superior á taxa de atualização considerada. No entanto, com este projeto não se garante a qualidade e uniformidade da iluminância do espaço (ver Figura 5.4).

Foram ainda analisadas e avaliadas outras medidas de racionalização de consumos e que envolvem a redução dos consumos obtida com a redução do tempo de funcionamento diário de alguns dos equipamentos usados em piscinas interiores. Desligar durante o período noturno os equipamentos de tratamento de águas e ar, sem violar a Normativa 23/93 CNQ “A qualidade nas Piscinas de uso público”, traduzir-se-á numa redução dos consumos elétricos diários e consequentemente numa redução anual de faturação, sendo mais significativo durante o período de inverno.

### 6.1. Trabalhos Futuros

Para além das medidas de eficiência energética analisadas e que constituíam o objetivo principal do estágio realizado, foram identificadas outras medidas que deverão ser avaliadas.

Uma dessas medidas diz respeito à variação da temperatura da água das piscinas. O perfil de temperaturas dos tanques da piscina é atualmente mantido constante. A modulação da temperatura, como a apresentada na Figura 6.1, apresenta um potencial de redução dos consumos decorrente da redução de perdas térmicas. O valor da temperatura da água da piscina admitido é 27°C, valor dentro do intervalo mencionado na Normativa 23/93 CNQ para tanques de aprendizagem e recreio (26° a 28°).

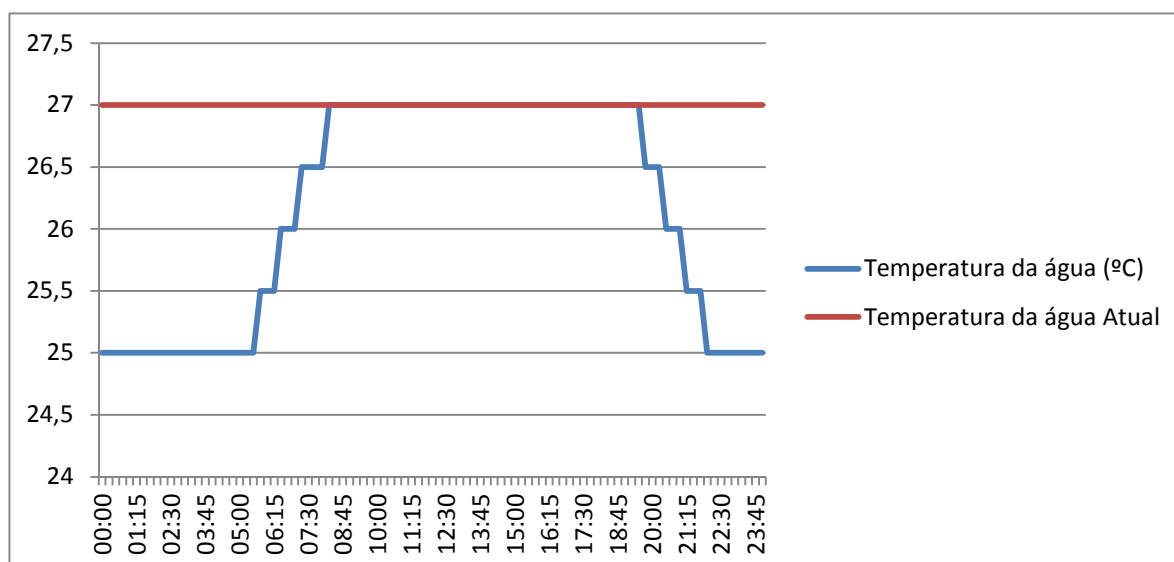


Figura 6. 1 – Gráfico da modulação da temperatura da água das piscinas.

A modulação da temperatura da água das piscinas permitirá explorar possibilidades de redução do consumo do gás utilizado no seu aquecimento. Para o cálculo do impacto da redução de perdas térmicas são consideradas como fontes frias as temperaturas exteriores verificadas.

Deve ainda avaliar-se a colocação de uma caldeira a Pellet's e proceder a uma análise mais pormenorizada do sistema de climatização (painéis solares térmicos).

É opinião do autor que a eficiência energética não se deve resumir à implementação de uma ou outra medida e à redução dos custos e consumos provenientes da implementação dessa medida. Deve existir uma permanente preocupação com a correta utilização das energias necessárias. Em estudo está a implementação de ferramentas de gestão que permitam a monitorização “instantânea” dos consumos e equipamentos em uso.

O Município da Sertã, esteve, está e estará atento à questão da eficiência energética, estando sempre em busca de novas e melhores soluções para os seus edifícios.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Pierre Rodrigues (2002). Manual de Iluminação Eficiente. PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, Julho 2002.
- [2] Sun, P., Wu, J. Y., Wang, R. Z., Xu, Y. X. (2011). Analysis of indoor environmental conditions and heat pump energy supply systems in indoor swimming pools. *Energy and Buildings* 43, 1071–1080.
- [3] Conselho Nacional da Qualidade. Normativa 23/93 CNQ “A qualidade nas piscinas de uso público”.
- [4] [http://www.setcom-project.eu/uploads/media/Casos\\_Pr%C3%A1ticos\\_Piscinas\\_Alvor\\_Setcom.pdf](http://www.setcom-project.eu/uploads/media/Casos_Pr%C3%A1ticos_Piscinas_Alvor_Setcom.pdf)
- [5] [http://www.presidencia.pt/archive/doc/GreenBuilding\\_Piscinas\\_Municipais.pdf](http://www.presidencia.pt/archive/doc/GreenBuilding_Piscinas_Municipais.pdf)
- [6] <http://www.planetazul.pt/edicoes1/planetazul/desenvArtigo.aspx?c=2251&a=18324&r=37>
- [7] <http://semanal.omirante.pt/index.asp?idEdicao=427&id=61367&idSeccao=6613&Action=noticia>
- [8] <http://www.cm-bombarral.pt/News/newsdetail.aspx?news=c7445e23-2453-448f-b2c8-a08c3b882f82>
- [9] [http://www.cm-anadia.pt/index.php?option=com\\_content&task=view&id=458&Itemid=837](http://www.cm-anadia.pt/index.php?option=com_content&task=view&id=458&Itemid=837)
- [10] Levindo M. M. Soeiro (2011). Plano de Aumento da Eficiência Energética em Edifícios Municipais. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto.
- [11] André R, Siopa (2012). Eficiência Energética e Simulação Dinâmica. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa.
- [12] Sertã Município (2012). Sertã/12 - Plano de Ação para a Energia Sustentável.

# ANEXOS

## ANEXO 1 - Consumos diários de energia elétrica por período de faturação

Inverno (Sexta-Feira - Janeiro 2012) Real												
Intervalos de Tempo	Energia Consumida Tratamento Águas (kW/h)	Energia Consumida Tratamento Ar (kW/h)	Energia Consumida Iluminação Interior	Energia Consumida Iluminação Exterior	Potência Contratada	Temperatura da água (°C)	Horário BTE	Preço por unidade (Euros)	Preço Tratamento Águas (Euros)	Preço Tratamento Ar (Euros)	Preço Iluminação Interior (Euros)	Preço Iluminação Exterior (Euros)
00:00	16,4	0	0	0	87	25	Vazio	0,07 €	1,07 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
00:15	16,4	0	0	0	87	25	Vazio	0,07 €	1,07 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
00:30	16,4	0	0	0	87	25	Vazio	0,07 €	1,07 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
00:45	16,4	0	0	0	87	25	Vazio	0,07 €	1,07 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
01:00	16,4	0	0	0	87	25	Vazio	0,07 €	1,07 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
01:15	16,4	0	0	0	87	25	Vazio	0,07 €	1,07 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
01:30	16,4	0	0	0	87	25	Vazio	0,07 €	1,07 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
01:45	16,4	0	0	0	87	25	Vazio	0,07 €	1,07 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
02:00	16,4	0	0	0	87	25	Super Vazio	0,06 €	0,99 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
02:15	16,4	0	0	0	87	25	Super Vazio	0,06 €	0,99 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
02:30	16,4	0	0	0	87	25	Super Vazio	0,06 €	0,99 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
02:45	16,4	0	0	0	87	25	Super Vazio	0,06 €	0,99 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
03:00	16,4	0	0	0	87	25	Super Vazio	0,06 €	0,99 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
03:15	16,4	0	0	0	87	25	Super Vazio	0,06 €	0,99 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
03:30	16,4	0	0	0	87	25	Super Vazio	0,06 €	0,99 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
03:45	16,4	0	0	0	87	25	Super Vazio	0,06 €	0,99 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
04:00	16,4	0	0	0	87	25	Super Vazio	0,06 €	0,99 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
04:15	16,4	0	0	0	87	25	Super Vazio	0,06 €	0,99 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
04:30	16,4	0	0	0	87	25	Super Vazio	0,06 €	0,99 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
04:45	16,4	0	0	0	87	25	Super Vazio	0,06 €	0,99 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
05:00	16,4	0	0	0	87	25	Super Vazio	0,06 €	0,99 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
05:15	16,4	0	0	0	87	25	Super Vazio	0,06 €	0,99 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
05:30	16,4	17	0	0	87	25	Super Vazio	0,06 €	0,99 €	1,03 €	0,00 €	0,00 €
05:45	16,4	18	0	0	87	25,5	Super Vazio	0,06 €	0,99 €	1,09 €	0,00 €	0,00 €
06:00	16,4	19	0	0	87	25,5	Vazio	0,07 €	1,07 €	1,24 €	0,00 €	0,00 €
06:15	16,4	17	0	0	87	25,5	Vazio	0,07 €	1,07 €	1,11 €	0,00 €	0,00 €
06:30	16,4	16	0	0	87	26	Vazio	0,07 €	1,07 €	1,04 €	0,00 €	0,00 €
06:45	16,4	20	0	0	87	26	Vazio	0,07 €	1,07 €	1,30 €	0,00 €	0,00 €
07:00	16,4	21	0	0	87	26	Vazio	0,07 €	1,07 €	1,37 €	0,00 €	0,00 €
07:15	16,4	19	0	0	87	26,5	Vazio	0,07 €	1,07 €	1,24 €	0,00 €	0,00 €
07:30	16,4	20	0	0	87	26,5	Vazio	0,07 €	1,07 €	1,30 €	0,00 €	0,00 €
07:45	16,4	22	0	0	87	26,5	Vazio	0,07 €	1,07 €	1,43 €	0,00 €	0,00 €
08:00	16,4	21	0	0	87	26,5	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,07 €	0,00 €	0,00 €
08:15	16,4	21	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,07 €	0,00 €	0,00 €
08:30	16,4	24	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,37 €	0,00 €	0,00 €
08:45	16,4	25	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,47 €	0,00 €	0,00 €
09:00	16,4	24	0	0	87	27	Ponta	0,18 €	3,03 €	4,43 €	0,00 €	0,00 €
09:15	16,4	26	0	0	87	27	Ponta	0,18 €	3,03 €	4,80 €	0,00 €	0,00 €
09:30	16,4	25	0	0	87	27	Ponta	0,18 €	3,03 €	4,62 €	0,00 €	0,00 €
09:45	16,4	25	0	0	87	27	Ponta	0,18 €	3,03 €	4,62 €	0,00 €	0,00 €
10:00	16,4	25	0	0	87	27	Ponta	0,18 €	3,03 €	4,62 €	0,00 €	0,00 €
10:15	16,4	26	0	0	87	27	Ponta	0,18 €	3,03 €	4,80 €	0,00 €	0,00 €
10:30	16,4	25	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,47 €	0,00 €	0,00 €
10:45	16,4	24	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,37 €	0,00 €	0,00 €
11:00	16,4	25	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,47 €	0,00 €	0,00 €
11:15	16,4	24	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,37 €	0,00 €	0,00 €
11:30	16,4	24	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,37 €	0,00 €	0,00 €



APENDICES

11:45	16,4	25	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,47 €	0,00 €	0,00 €
12:00	16,4	26	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,57 €	0,00 €	0,00 €
12:15	16,4	25	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,47 €	0,00 €	0,00 €
12:30	16,4	25	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,47 €	0,00 €	0,00 €
12:45	16,4	24	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,37 €	0,00 €	0,00 €
13:00	16,4	25	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,47 €	0,00 €	0,00 €
13:15	16,4	23,5	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,32 €	0,00 €	0,00 €
13:30	16,4	23	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,27 €	0,00 €	0,00 €
13:45	16,4	23	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,27 €	0,00 €	0,00 €
14:00	16,4	23	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,27 €	0,00 €	0,00 €
14:15	16,4	23	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,27 €	0,00 €	0,00 €
14:30	16,4	23	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,27 €	0,00 €	0,00 €
14:45	16,4	23,5	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,32 €	0,00 €	0,00 €
15:00	16,4	23,5	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,32 €	0,00 €	0,00 €
15:15	16,4	24	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,37 €	0,00 €	0,00 €
15:30	16,4	23,6	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,33 €	0,00 €	0,00 €
15:45	16,4	23,6	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,33 €	0,00 €	0,00 €
16:00	16,4	24	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,37 €	0,00 €	0,00 €
16:15	16,4	26	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,57 €	0,00 €	0,00 €
16:30	16,4	26	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,57 €	0,00 €	0,00 €
16:45	16,4	25	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,47 €	0,00 €	0,00 €
17:00	16,4	26	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,57 €	0,00 €	0,00 €
17:15	16,4	25	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	2,47 €	0,00 €	0,00 €
17:30	16,4	17	12	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	1,68 €	1,19 €	0,00 €
17:45	16,4	17	12	0	87	27	Cheias	0,10 €	1,62 €	1,68 €	1,19 €	0,00 €
18:00	16,4	17	13	0	87	27	Ponta	0,18 €	3,03 €	3,14 €	2,40 €	0,00 €
18:15	16,4	17	17	0	87	27	Ponta	0,18 €	3,03 €	3,14 €	3,14 €	0,00 €
18:30	16,4	17	18	0	87	27	Ponta	0,18 €	3,03 €	3,14 €	3,32 €	0,00 €
18:45	16,4	17	19	0	87	27	Ponta	0,18 €	3,03 €	3,14 €	3,51 €	0,00 €
19:00	16,4	17	20	0	87	27	Ponta	0,18 €	3,03 €	3,14 €	3,69 €	0,00 €
19:15	16,4	17	19	0	87	27	Ponta	0,18 €	3,03 €	3,14 €	3,51 €	0,00 €
19:30	16,4	17	18	0	87	27	Ponta	0,18 €	3,03 €	3,14 €	3,32 €	0,00 €
19:45	16,4	17	19	0	87	26,5	Ponta	0,18 €	3,03 €	3,14 €	3,51 €	0,00 €
20:00	16,4	17	18	0	87	26,5	Ponta	0,18 €	3,03 €	3,14 €	3,32 €	0,00 €
20:15	16,4	17	18	0	87	26,5	Ponta	0,18 €	3,03 €	3,14 €	3,32 €	0,00 €
20:30	16,4	17	17	0	87	26	Cheias	0,10 €	1,62 €	1,68 €	1,68 €	0,00 €
20:45	16,4	17	16	0	87	26	Cheias	0,10 €	1,62 €	1,68 €	1,58 €	0,00 €
21:00	16,4	16	0	0	87	26	Cheias	0,10 €	1,62 €	1,58 €	0,00 €	0,00 €
21:15	16,4	15	0	0	87	25,5	Cheias	0,10 €	1,62 €	1,48 €	0,00 €	0,00 €
21:30	16,4	14	0	0	87	25,5	Cheias	0,10 €	1,62 €	1,38 €	0,00 €	0,00 €
21:45	16,4	13	0	0	87	25,5	Cheias	0,10 €	1,62 €	1,28 €	0,00 €	0,00 €
22:00	16,4	10	0	0	87	25	Vazio	0,07 €	1,07 €	0,65 €	0,00 €	0,00 €
22:15	16,4	8	0	0	87	25	Vazio	0,07 €	1,07 €	0,52 €	0,00 €	0,00 €
22:30	16,4	0	0	0	87	25	Vazio	0,07 €	1,07 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
22:45	16,4	0	0	0	87	25	Vazio	0,07 €	1,07 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
23:00	16,4	0	0	0	87	25	Vazio	0,07 €	1,07 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
23:15	16,4	0	0	0	87	25	Vazio	0,07 €	1,07 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
23:30	16,4	0	0	0	87	25	Vazio	0,07 €	1,07 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
23:45	16,4	0	0	0	87	25	Vazio	0,07 €	1,07 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
00:00	16,4	0	0	0	87	25	Vazio	0,07 €	1,07 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
								Total (Euros)	155,78 €	161,28 €	38,69 €	0,00 €

Verão (Sexta-Feira - Julho) Real												
Intervalos de Tempo	Energia Consumida Tratamento Águas (kW/h)	Energia Consumida Tratamento Ar (kW/h)	Energia Consumida Iluminação Interior	Energia Consumida Iluminação Exterior	Potência Contratada	Temperatura da água (0C)	Horário BTE	Preço por unidade (Euros)	Preço Tratamento Águas (Euros)	Preço Tratamento Ar (Euros)	Preço Iluminação Interior (Euros)	Preço Iluminação Exterior (Euros)
00:00	2,5	0	0	0	87	27	Vazio	0,07 €	0,16 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
00:15	2,5	0	0	0	87	27	Vazio	0,07 €	0,16 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
00:30	2,5	0	0	0	87	27	Vazio	0,07 €	0,16 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
00:45	2,5	0	0	0	87	27	Vazio	0,07 €	0,16 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
01:00	2,5	0	0	0	87	27	Vazio	0,07 €	0,16 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
01:15	2,5	0	0	0	87	27	Vazio	0,07 €	0,16 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
01:30	2,5	0	0	0	87	27	Vazio	0,07 €	0,16 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
01:45	2,5	0	0	0	87	27	Vazio	0,07 €	0,16 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
02:00	2,5	0	0	0	87	27	Super Vazio	0,06 €	0,15 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
02:15	2,5	0	0	0	87	27	Super Vazio	0,06 €	0,15 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
02:30	2,5	0	0	0	87	27	Super Vazio	0,06 €	0,15 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
02:45	2,5	0	0	0	87	27	Super Vazio	0,06 €	0,15 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
03:00	2,5	0	0	0	87	27	Super Vazio	0,06 €	0,15 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
03:15	2,5	0	0	0	87	27	Super Vazio	0,06 €	0,15 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
03:30	2,5	0	0	0	87	27	Super Vazio	0,06 €	0,15 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
03:45	2,5	0	0	0	87	27	Super Vazio	0,06 €	0,15 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
04:00	2,5	0	0	0	87	27	Super Vazio	0,06 €	0,15 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
04:15	2,5	0	0	0	87	27	Super Vazio	0,06 €	0,15 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
04:30	2,5	0	0	0	87	27	Super Vazio	0,06 €	0,15 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
04:45	2,5	0	0	0	87	27	Super Vazio	0,06 €	0,15 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
05:00	2,5	0	0	0	87	27	Super Vazio	0,06 €	0,15 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
05:15	2,5	0	0	0	87	27	Super Vazio	0,06 €	0,15 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
05:30	2,5	0	0	0	87	27	Super Vazio	0,06 €	0,15 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
05:45	2,5	0	0	0	87	27	Super Vazio	0,06 €	0,15 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
06:00	2,5	0	0	0	87	27	Vazio	0,07 €	0,16 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
06:15	2,5	0	0	0	87	27	Vazio	0,07 €	0,16 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
06:30	2,5	0	0	0	87	27	Vazio	0,07 €	0,16 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
06:45	2,5	0	0	0	87	27	Vazio	0,07 €	0,16 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
07:00	2,5	0	0	0	87	27	Vazio	0,07 €	0,16 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
07:15	2,5	0	0	0	87	27	Vazio	0,07 €	0,16 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
07:30	2,5	0	0	0	87	27	Vazio	0,07 €	0,16 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
07:45	2,5	0	0	0	87	27	Vazio	0,07 €	0,16 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
08:00	2,5	7	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	0,25 €	0,69 €	0,00 €	0,00 €
08:15	2,5	7	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	0,25 €	0,69 €	0,00 €	0,00 €
08:30	2,5	7	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	0,25 €	0,69 €	0,00 €	0,00 €
08:45	2,5	7	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	0,25 €	0,69 €	0,00 €	0,00 €
09:00	2,5	7	0	0	87	27	Ponta	0,18 €	0,46 €	1,29 €	0,00 €	0,00 €
09:15	2,5	7	0	0	87	27	Ponta	0,18 €	0,46 €	1,29 €	0,00 €	0,00 €
09:30	2,5	7	0	0	87	27	Ponta	0,18 €	0,46 €	1,29 €	0,00 €	0,00 €
09:45	2,5	7	0	0	87	27	Ponta	0,18 €	0,46 €	1,29 €	0,00 €	0,00 €
10:00	2,5	7	0	0	87	27	Ponta	0,18 €	0,46 €	1,29 €	0,00 €	0,00 €
10:15	2,5	7	0	0	87	27	Ponta	0,18 €	0,46 €	1,29 €	0,00 €	0,00 €
10:30	2,5	7	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	0,25 €	0,69 €	0,00 €	0,00 €
10:45	2,5	7	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	0,25 €	0,69 €	0,00 €	0,00 €
11:00	2,5	7	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	0,25 €	0,69 €	0,00 €	0,00 €
11:15	2,5	7	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	0,25 €	0,69 €	0,00 €	0,00 €
11:30	2,5	7	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	0,25 €	0,69 €	0,00 €	0,00 €
11:45	2,5	7	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	0,25 €	0,69 €	0,00 €	0,00 €
12:00	2,5	7	0	0	87	27	Cheias	0,10 €	0,25 €	0,69 €	0,00 €	0,00 €

## APENDICES

[illegible]

**ANEXO 2 - Número de luminárias instaladas**

Tipo Armadura	Tipo Lâmpada	Nº de Lâmpadas	Potência Lâmpadas	Observações
A1	Fluorescente Tubular	1	36 W	Balastro Eletrônico
A2	Fluorescente Tubular	2	36 W	Balastro Eletrônico
A3	Fluorescente Tubular	1	58W	Balastro Eletrônico
A4	Fluorescente Tubular	1	18 W	Balastro Eletrônico
B1	Fluorescente Tubular	1	36 W	Balastro Eletrônico
B2	Fluorescente Tubular	1	58 W	Balastro Eletrônico
C	Fluorescente Tubular	2	36 W	Balastro Eletrônico
D	Fluorescente Tubular	2	36 W	Balastro Eletrônico
E1	Fluorescente Tubular	1	36 W	Balastro Eletrônico
E2	Fluorescente Tubular	2	36 W	Balastro Eletrônico
F	Fluorescente Compacta	1	26 W	Balastro Eletrônico
G1	Fluorescente Compacta	1	26 W	Balastro Eletrônico
G2	Fluorescente Compacta	2	26 W	Balastro Eletrônico
H	Iodetos Metálicos	1	70 W	—
I	Fluorescente Circular (T5)	1	40 W	Balastro Eletrônico
J	Incandescente Halogéneo	7	20 W	1)
K	Fluorescente Compacta	1	18W	Balastro Eletrônico
L	Fluorescente Circular (T5)	1	40 W	Balastro Eletrônico
M	Fluorescente Compacta	2	9W	Balastro Eletrônico
N	Fluorescente Compacta	2	13W	Balastro Eletrônico
O	Incandescente	1	40 W	—
P	Fluorescente Compacta	1	13 W	—
Q	Fluorescente Compacta	2	18W	—
R	Fluorescente Tubular	1	30 W	Balastro Eletrônico
S1	Fluorescente Tubular (T5)	1	28 W	Balastro Eletrônico 2)
S2	Fluorescente Tubular (T5)	2	28 W	Balastro Eletrônico 3)
S3	Fluorescente Tubular (T5)	4	28 W	Balastro Eletrônico 4)
T	Fluorescente Compacta	1	18W	Balastro Eletrônico
U	Fluorescente Tubular	1	58 W	Balastro Eletrônico
V	Incandescente Halogéneo	1	50 W	—
W	Iodetos Metálicos	1	70 W	—
X	Fluorescente Compacta	1	10 W	Balastro Eletrônico
Y	Fluorescente Compacta	1	18W	Balastro Eletrônico
Z	Fluorescente Compacta	1	18W	Balastro Eletrônico
AA	Fluorescente Compacta	1	26 W	Balastro Eletrônico
AB	Fluorescente Compacta	1	10W	Balastro Eletrônico
AC	Fluorescente Compacta	1	11W	Balastro Eletrônico
AD	Incandescente	1	60 W	—
AE	Fluorescente Compacta	1	18 W	Balastro Eletrônico
AF	Iodetos Metálicos	1	70 W	—
PR1	Iodetos Metálicos HQI-T	1	400 W	5)
PR2	Halogéneo 230 V	1	1000 W	6)

PR3	Incandescente	1	300W (12V)	—
-----	---------------	---	------------	---

1) - Estrutura de montagem saliente composta por um perfil do tipo 28400 com cerca de 4,5 m de comprimento, dois topos do tipo 28402 e 7 módulos 28416 equipados cada um com uma lâmpada QR\_CB 25 de 20 W.

2) - Estrutura de iluminação em linha contínua composta por um módulo do tipo OD-2984 e dois topos finais.

3) - Estrutura de iluminação em linha contínua composta por um módulo do tipo OD-2984 e um módulo do tipo OD-2986 e dois topos finais.

4) - Estrutura de iluminação em linha contínua composta por módulo do tipo OD-2984, dois módulos do tipo OD-2985, um módulo do tipo OD-2986 e dois topos finais.

5) - Projetor equipado com refletor do tipo 1552 e dotado de feixe assimétrico

6) - Projetor pintado na mesma cor do acabamento dos projetores PR1

---

**ANEXO 3 - Níveis de iluminância das piscinas**